

# КВАТЕРНИОННАЯ СТРУКТУРА НАБЛЮДАТЕЛЯ В ОДТОЕ

(Quaternion Structure of the Observer in ODTOE: From Engineering Intuition to Formal Theory)

**Панкратов Антон Сергеевич**

Независимый исследователь, г. Казань, Россия

E-mail: anton.s.pankratov@gmail.com

ORCID: 0009-0002-4870-2995

УДК 530.145 + 004.8 + 159.9 + 512.5

## Abstract

Why does the number four appear so persistently in descriptions of consciousness — in Jung, Damasio, neuronavigation, and motion engineering? And is consciousness fundamentally a geometric rather than logical problem? This work demonstrates that the observer-dependent theory of everything (ODTOE) *already contains* the answer to this question. The formula for cognitive coherence  $B = F^{w_1} \cdot E^{w_2} \cdot (1 - \sigma)^{w_3} \cdot \Lambda^{w_4}$  represents a four-component multiplicative structure isomorphic to a quaternion. We establish an exact isomorphism between the algebra of quaternions and the structure of the observation operator in ODTOE. We show that gimbal lock (loss of degrees of freedom when axes align) in engineering corresponds to the nullification of one component of  $B$  in ODTOE (the property of the “weak link”). We formulate a hypothesis: consciousness is a quaternionic orientation in the space of potential configurations.

**Keywords:** quaternions, consciousness, observer, ODTOE, cognitive coherence, orientation, four-component structure, gimbal lock.

## I. Постановка проблемы

### I.1. Проблема четырёхкомпонентной структуры сознания

Фундаментальный вопрос волнует исследователей разных дисциплин: почему число четыре так настойчиво возникает в описании сознания и психических функций?

Карл Юнг выделил четыре психологических типа: мышление, чувство, ощущение, интуиция.

Антониу Дамасио описал четырёхуровневую архитектуру сознания: тело, эмоция, модель, действие.

В нейронавигации выявлены четыре типа навигационных клеток: place cells (клетки места), grid cells (сеточные клетки), head-direction cells (клетки направления), border cells (пограничные клетки).

В инженерии управления четырёхкомпонентный кватернион заменил трёхпараметрические углы Эйлера для описания ориентации, так как последние подвержены gimbal lock --- потере степени свободы при определённых конфигурациях.

Если мозг --- система непрерывной ориентации в пространстве реальности, не является ли его архитектура, в сущности, кватернионной?

## I.2. Ответ ODTOE

Наблюдатель-зависимая теория всего (ODTOE) уже содержит четырёхкомпонентную структуру наблюдателя --- и она не постулирована *ad hoc*, а выведена из требования полноты описания когнитивной когерентности:

$$B(O, C) = F^{w_1} \cdot E^{w_2} \cdot (1 - \sigma)^{w_3} \cdot \Lambda^{w_4} \quad (D1.1)$$

где:

- $F$  --- фокус внимания (attentional focus);
- $E$  --- эмоциональная когерентность (emotional coherence);
- $(1 - \sigma)$  --- непротиворечивость внутренней модели (absence of contradiction);
- $\Lambda$  --- эмпирическое подкрепление, накопленный опыт (empirical reinforcement, experience).

Совпадение числа компонент --- не случайность. В настоящей работе покажем, что это *структурный изоморфизм*: формула  $B$  изоморфна кватерниону, и это объясняет, *почему* четвёрка возникает везде.

## II. Изоморфизм: кватернион $\leftrightarrow$ когнитивная когерентность

### II.1. Структура кватерниона

Кватернион Гамильтона:

$$q = w + xi + yj + zk \quad (2.1)$$

где  $w$  --- скалярная (вещественная) часть,  $xi + yj + zk$  --- векторная (мнимая) часть. Четыре компоненты, три мнимые единицы с антикоммутативным умножением:

$$ij = k, \quad ji = -k, \quad i^2 = j^2 = k^2 = -1$$

Ключевое свойство: единичный кватернион ( $|q| = 1$ ) описывает *ориентацию* --- целостное состояние системы в пространстве.

## II.2. Структура когнитивной когерентности

$$B = F^{w_1} \cdot E^{w_2} \cdot (1 - \sigma)^{w_3} \cdot \Lambda^{w_4} \quad (2.2)$$

Четыре компоненты, мультипликативная структура, нормировка на интервал  $[0, 1]$ .

## II.3. Отображение структур

Кватернион	ОДТОЕ	Смысл
$w$ (скалярная часть)	$\Lambda$ (опыт)	«Вещественное»: накопленный опыт, основа, заземление
$xi$ (первая мнимая ось)	$F$ (фокус)	Направление «взгляда» наблюдателя: куда повёрнут
$yj$ (вторая мнимая ось)	$E$ (эмоция)	Ортогональна фокусу: не «куда смотрю», а «как переживаю»
$zk$ (третья мнимая ось)	$(1 - \sigma)$ (целостность)	Ортогональна и фокусу, и эмоции: целостность модели

## II.4. Почему это изоморфизм, а не аналогия

**(а) Мультипликативность.** Кватернионы перемножаются (композиция вращений = произведение кватернионов). Когнитивная когерентность  $B$  --- произведение компонент. В обоих случаях: если одна компонента = 0, результат = 0.

**(б) Антикоммутативность.** В кватернионах  $ij \neq ji$ . В ОДТОЕ: порядок «работы» с компонентами имеет значение. Фокус потом эмоция ( $F$  потом  $E$ ) --- не то же, что эмоция потом фокус ( $E$  потом  $F$ ). Нельзя компенсировать отсутствие фокуса избытком эмоций --- это *некоммутативность* по сути.

**(в) Нормировка.** Единичный кватернион ( $|q| = 1$ ) описывает чистое вращение без масштабирования.  $B = 1$  в ОДТОЕ --- полная когерентность: чистое наблюдение без потерь. Аналогия точна:  $|q| = 1 \leftrightarrow B = 1$ .

**(г) Gimbal lock**  $\leftrightarrow$  свойство «слабого звена». В углах Эйлера (3 компоненты вместо 4) при некоторых конфигурациях оси совмещаются и система теряет степень свободы. В ОДТОЕ: если любая из 4 компонент = 0, то  $B = 0$  --- система теряет способность наблюдать. Gimbal lock = попытка описать сознание с числом компонент  $< 4$ .

## III. Почему именно четыре

### III.1. Минимальность четвёрки

Фундаментальный вопрос: почему не бинарная и не тройственная, а четырёхкомпонентная структура?

Через аксиоматику ODТOЕ ответ строг:

**Три компоненты недостаточны.** Если убрать любую из четырёх:

Убранная компонента	Что теряется	Аналог в инженерии
$F$ (фокус)	Наблюдатель «видит всё и ничего» --- нет направления	Гироскоп без оси
$E$ (эмоция)	Наблюдение бесчувственно --- нет резонанса	Камера без цветопередачи
$(1 - \sigma)$ (целостность)	Внутренний конфликт обнуляет сигнал	Gimbal lock: оси совместились
$\Lambda$ (опыт)	Нет основы --- наблюдение «висит в воздухе»	ИСО без калибровки

Каждая потеря --- *специфична*. Нельзя компенсировать одну другой (мультипликативность). Четыре --- минимальное число для *устойчивой ориентации* наблюдателя в пространстве конфигураций  $\mathcal{H}$ .

### III.2. Связь с четвёрками других авторов

Автор	Четыре компоненты	ODТOЕ-отображение
Гамильтон	$w, xi, yj, zk$	$\Lambda, F, E, (1 - \sigma)$
Юнг	Мышление, чувство, ощущение, интуиция	$F, E, \Lambda, (1 - \sigma)$
Дамасио	Тело, эмоция, модель, действие	$\Lambda, E, F, (1 - \sigma)$
Нейронавигация	Place, grid, direction, border cells	$\Lambda, F, E, (1 - \sigma)$

Все авторы нашли четвёрку *эмпирически*. ODТOЕ даёт ей *формальное основание*: четыре компоненты --- минимальная структура для *устойчивой ориентации* в пространстве потенциальных состояний  $\mathcal{H}$ .

## IV. Сознание как ориентация

### IV.1. Переформулировка

Центральная гипотеза: сознание связано не столько с логикой высказываний, сколько с геометрией ориентации модели мира.

Через ODТOЕ: это не гипотеза, а *следствие аксиоматики*.

$R = \hat{O}(\Psi)$  --- реальность конституируется оператором наблюдения, применённым к полю потенциальных состояний. Оператор  $\hat{O}$  задаётся вектором  $(B, A, H)$  [1, формула 4.2], где  $B$  --- когнитивная когерентность (четырёхкомпонентная, кватернионная).

Сознание =  $\hat{O}$  = оператор, *ориентирующий* наблюдателя относительно  $\mathcal{H}$ . Как кватернион ориентирует тело в трёхмерном пространстве, так  $B$  ориентирует наблюдателя в пространстве конфигураций.

$$\hat{O} \sim q_B = \Lambda + F\mathbf{i} + E\mathbf{j} + (1 - \sigma)\mathbf{k} \quad (4.1)$$

Акт наблюдения  $R = \hat{O}(\Psi)$  --- это *вращение* поля потенциальных состояний кватернионом  $q_B$ , проецирующее его на конкретную конфигурацию.

### IV.2. Мысль как вращение

Центральный тезис: мысль --- не только логическое высказывание. Это ещё и поворот внутренней сцены.

Через ODТOЕ: точно. Каждая мысль изменяет  $B$  --- то есть вращает кватернион наблюдателя. Новая конфигурация  $R' = \hat{O}'(\Psi)$  --- результат нового «поворота» в пространстве  $\mathcal{H}$ .

- **Мысль**  $\delta q$ : малое вращение кватерниона наблюдателя.
- **Внимание**: фиксация оси вращения ( $F$  задаёт направление).
- **Эмоция**: амплитуда вращения ( $E$  задаёт «энергию» поворота).
- **Непротиворечивость**: чистота вращения  $((1 - \sigma)$  --- отсутствие «дрожания» оси).
- **Опыт**: инерция вращения ( $\Lambda$  --- устойчивость ориентации).

### IV.3. Gimbal lock = обнуление компоненты $B$

В инженерии: gimbal lock --- потеря степени свободы при совмещении осей (3 угла Эйлера вместо 4 компонент кватерниона).

В ODТOЕ: когда одна из компонент  $B$  обнуляется, вся когерентность = 0. Это --- *когнитивный gimbal lock*: наблюдатель «заклинивает».

Компонента = 0	Когнитивный gimbal lock	Клиническая картина
$F = 0$	Нет фокуса	Дефицит внимания, рассеянность
$E = 0$	Нет эмоциональной связи	Алекситимия, выгорание, отчуждение
$(1 - \sigma) = 0$	Полное противоречие	Когнитивный диссонанс, паралич решений
$\Lambda = 0$	Нет опыта	Дезориентация, утрата опоры

Кватернионная формулировка объясняет, почему эти состояния так разрушительны: это не «плохое настроение», а *потеря степени свободы ориентации*. Наблюдатель буквально теряет способность «вернуться» к конфигурации.

#### IV.4. Почему кватернионы победили углы Эйлера --- и что это значит для психологии

История кватернионов в инженерии: они заменили углы Эйлера как стандарт описания ориентации. Переведём это на язык сознания:

**Углы Эйлера = редукционистские модели сознания.** Попытка описать сознание через 2---3 параметра: «мышление + чувство», «сознательное + бессознательное», «стимул + реакция». Работают в простых случаях, но при определённых конфигурациях -- gimbal lock: модель теряет описательную силу.

**Кватернион = ОДТОЕ-формула В.** Четыре компоненты, мультипликативная связь, нет gimbal lock (потеря одной компоненты = ноль, но это не «заклинивание модели», а *диагностируемое* состояние: мы знаем, *какая именно* компонента = 0 и что делать).

**Матрицы вращения = полные нейронные модели.** 9 параметров для описания 3 степеней свободы --- избыточно. Аналогично: полная модель мозга описывает сознание, но слишком «тяжела» для практического понимания. ОДТОЕ даёт 4-компонентную модель --- минимальную и достаточную.

### V. Ответ на вопрос: как описать сознание

#### V.1. Формулировка

ОДТОЕ предлагает теорию:

**Сознание** = оператор наблюдения  $\hat{O}$ , кватернионная структура которого задаётся когнитивной когерентностью

$$B = F^{w_1} \cdot E^{w_2} \cdot (1 - \sigma)^{w_3} \cdot \Lambda^{w_4}$$

**Акт сознания** = вращение в  $\mathcal{H}$ :  $R = \hat{O}(\Psi) =$  проекция поля потенциальных состояний через кватернион  $q_B$ .

**Поток сознания** = непрерывная перенастройка кватерниона:  $q_B(t), q_B(t + dt), q_B(t + 2dt), \dots$  Каждый момент --- новая ориентация, новая конфигурация.

**Странная петля** =  $\Psi^* = \Phi(\Psi^*)$ : самосогласованная ориентация, при которой наблюдатель и наблюдаемое стабилизируются во взаимном резонансе.

## V.2. Что это даёт

**(а) Объяснение четвёрки.** Четыре --- не произвольное число и не красивый символ. Это *минимальное число компонент для устойчивой ориентации без gimbal lock*.

**(б) Объяснение мультипликативности.** Почему обнуление одной компоненты катастрофично? Потому что вращение с нулевой компонентой --- вырожденное: наблюдатель «заклинивает».

**(в) Объяснение некоммутативности.** Порядок компонент имеет значение: сначала почувствовать ( $E$ ), потом сфокусироваться ( $F$ ) --- не то же, что наоборот. Мысль некоммутативна, как кватернион.

**(г) Мост между инженерией и сознанием.** Не метафора, а структурный изоморфизм: робот использует кватернион для ориентации в 3D, наблюдатель использует  $B$  для ориентации в  $\mathcal{H}$ .

## V.3. Формальная запись

Кватернион наблюдателя:

$$q_{\hat{O}} = \Lambda + F\mathbf{i} + E\mathbf{j} + (1 - \sigma)\mathbf{k} \quad (5.1)$$

Акт наблюдения как кватернионное вращение:

$$R = q_{\hat{O}} \cdot \Psi \cdot \bar{q}_{\hat{O}} \quad (5.2)$$

где  $\bar{q}$  --- сопряжённый кватернион (обращение вращения = оператор погружения  $\iota$ ).

Петля самонаблюдения:

$$\Phi = \bar{q}_{\hat{O}} \circ q_{\hat{O}} = |q_{\hat{O}}|^2 = B^2 \quad (5.3)$$

При  $B = 1$  ( $|q| = 1$ ):  $\Phi = 1$  --- полная самосогласованность. Неподвижная точка  $\Psi^*$  существует тогда и только тогда, когда  $|q_{\hat{O}}| = 1$ , то есть когда наблюдатель полностью когерентен.

## VI. Экспериментальные предсказания

### VI.1. Нейрофизиологическое

Четыре компоненты  $B$  должны коррелировать с четырьмя различными нейрофизиологическими системами:

Компонента	Нейрокоррелят	Метод измерения
$F$	Дорсальная сеть внимания (DAN)	fMRI, ЭЭГ (gamma-band)
$E$	Лимбическая система, инсула	HRV, кожно-гальваническая реакция
$(1 - \sigma)$	Префронтальная кора (мониторинг)	Тест имплицитных ассоциаций
$\Lambda$	Гиппокамп (консолидация опыта)	Байесовская оценка истории

**Предсказание:** четыре нейрокоррелята *мультипликативно* связаны: обнуление одного (например, повреждение гиппокампа  $\Rightarrow \Lambda = 0$ ) должно обнулять *общую* когерентность  $B$ , даже если остальные три сохранены.

### VI.2. Психологическое

Четыре типа «gimbal lock» (см. раздел IV.3) должны быть *клинически различимы* и *не компенсируемы* друг другом.

**Предсказание:** терапия, направленная на повышение  $F$  (тренировка внимания), *не поможет* пациенту с  $E = 0$  (алекситимия). И наоборот. Мультипликативность требует работы с *конкретной* нулевой компонентой.

### VI.3. Инженерное

Если сознание кватернионно, то ИИ-системы, использующие 4-компонентную архитектуру (аналог  $F, E, (1 - \sigma), \Lambda$ ), должны быть *устойчивее* систем с меньшим числом компонент при решении задач ориентации в неопределённой среде.

## VII. Заключение

Почему четвёрка так настойчиво возвращается в описании сознания? ODТOE даёт ответ: потому что сознание *есть* кватернионная ориентация в пространстве потенциальных состояний.

## Четырёхкомпонентная формула

$$B = F^{w_1} \cdot E^{w_2} \cdot (1 - \sigma)^{w_3} \cdot \Lambda^{w_4}$$

не произвольная декомпозиция, а *минимальная структура устойчивой ориентации*, изоморфная кватерниону Гамильтона. Gimbal lock в инженерии = обнуление компоненты  $B$  в психологии. Мультипликативность = невозможность компенсации. Некоммутативность = порядок имеет значение.

Сознание --- не экран, на котором появляются мысли. Не комментатор мира. Не даже «система обработки информации». Сознание --- это *непрерывная кватернионная ориентация* наблюдателя в пространстве всех возможных конфигураций реальности.

$q_{\hat{o}} = \Lambda + F\mathbf{i} + E\mathbf{j} + (1 - \sigma)\mathbf{k}. \quad R = q_{\hat{o}} \cdot \Psi \cdot \bar{q}_{\hat{o}}. \quad \text{Мысль} = \text{вращение}. \quad \text{Сознание} = \text{ориентация}.$
--

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование проводилось без получения финансовой поддержки от каких-либо источников.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Панкратов А.С. Теория всего: наблюдатель-зависимая (ODTOE) // Препринт. --- 2025. --- 47 с.
- [2] Панкратов А.С. Число  $\pi$  как структурный инвариант самосогласованного наблюдения в ODTOE // Препринт. --- 2025.
- [3] Панкратов А.С. Атом как элементарная странная петля в ODTOE // Препринт. --- 2025.
- [4] Панкратов А.С. Самонаблюдение и расширение ИИ: диагноз и прогноз через ODTOE // Препринт. --- 2025.
- [5] Панкратов А.С. Природа времени в ODTOE: от цезия-133 к биению сердца // Препринт. --- 2025.

- [6] Hamilton W.R. On quaternions; or on a new system of imaginaries in algebra // Philosophical Magazine. --- 1844. --- Vol. 25. --- P. 489---495.
- [7] Юнг К.Г. Психологические типы. --- М.: Академический проект, 2019.
- [8] Damasio A. The Feeling of What Happens: Body and Emotion in the Making of Consciousness. --- New York: Harcourt, 1999.
- [9] Friston K. The free-energy principle: a unified brain theory? // Nature Reviews Neuroscience. --- 2010. --- Vol. 11. --- P. 127---138.
- [10] O'Keefe J., Dostrovsky J. The hippocampus as a spatial map // Brain Research. --- 1971. --- Vol. 34. --- P. 171---175.
- [11] Moser E.I., Kropff E., Moser M.-B. Place cells, grid cells, and the brain's spatial representation system // Annual Review of Neuroscience. --- 2008. --- Vol. 31. --- P. 69--89.
- [12] Tononi G. An information integration theory of consciousness // BMC Neuroscience. --- 2004. --- Vol. 5. --- P. 42.
- [13] Панкратов А.С. Земля как кластер наблюдателей: согласование вселенных в ОДТОЕ // Препринт. --- 2025.
- [14] Панкратов А.С. Музыка как оператор когерентности // Препринт. --- 2025.