

Принцип неопределённости Курпишева ПН.2: минимаксная теорема для скрытой скобочной альтернативы

Курпишев Иван Борисович

Независимый исследователь, Калининград, Россия

ivan-kurpishev@yandex.ru

Авторская журнальная редакция v1.1, 15 июля 2026 г.

Аннотация. Рассматривается нормированное вещественное или комплексное линейное пространство A с билинейной, вообще говоря, неассоциативной операцией $\odot$. Для двух допустимых расстановок скобок $b_L(x, y, z) = (x \odot y) \odot z$ и $b_R(x, y, z) = x \odot (y \odot z)$ предполагается, что истинный протокол скрыт от единого оценщика. Вводятся минимаксные ошибки восстановления скалярной наблюдаемой S , полного результата и структурной координаты $\mathcal{D}$. Доказывается локальная нижняя граница: произведение ошибок не меньше одной четверти произведения расстояния между двумя допустимыми результатами и разрыва структурной координаты. Для полного состояния расстояние совпадает с нормой ассоциатора $K(x, y, z) = (x \odot y) \odot z - x \odot (y \odot z)$. Получены скалярная, полносостояний и равномерная формы теоремы; отдельно указаны условия c -разделения и положительной нижней границы ε_- . На явно заданной двумерной нормированной неассоциативной алгебре построены четыре вычислимых случая: ассоциативный нулевой сектор, неассоциативная тройка с $\Delta_S = 0$, глобально 1-разделяющая наблюдаемая и компактная область с точной константой $\varepsilon_- = 3$ при $m \equiv 1$. Примеры показывают точность коэффициента $1/4$ и необходимость всех невырожденных предположений. Результат имеет статус математической теоремы внутри модели скрытой скобочной альтернативы; квантово-физические и космологические интерпретации не утверждаются.

Ключевые слова: неассоциативная алгебра; ассоциатор; минимаксная оценка; скрытая структурная альтернатива; структурная неопределённость; равномерная нижняя граница.

MSC 2020: 17A01 (primary); 54E35 (secondary).

English title. *Kurpishev Uncertainty Principle PN.2: A Minimax Theorem for Hidden Bracketing Alternatives.*

Abstract. Let A be a normed real or complex linear space equipped with a bilinear, not necessarily associative product $\odot$. Two admissible bracketings, $b_L(x, y, z) = (x \odot y) \odot z$ and $b_R(x, y, z) = x \odot (y \odot z)$, are treated as hidden structural alternatives. A single estimator, which is not allowed to use the true bracketing index, must recover a scalar observable, the full algebraic result, and a structural coordinate. A two-point metric argument yields a local minimax lower bound: the product of the reconstruction errors is at least one quarter of the product of the separation of the two admissible results and the structural-coordinate gap. In the full-state formulation the separation is exactly the norm of the associator. Scalar, full-state, c -separating, and uniform versions are proved. Four explicit constructions are given in a two-dimensional normed nonassociative algebra: an associative zero case, a nonassociative case invisible to the norm observable, a globally 1-separating observable, and a compact domain with the sharp constant $\varepsilon_- = 3$ for $m \equiv 1$. These examples establish sharpness of the coefficient $1/4$ and show why nondegeneracy assumptions cannot be omitted. The result is a mathematical theorem within the hidden-bracketing model; no universal quantum-physical law is claimed.

Keywords: nonassociative algebra; associator; minimax estimation; hidden structural alternative; structural uncertainty; uniform lower bound.

1. Введение

Неассоциативные алгебры возникают в алгебре, геометрии и математической физике; классическое введение в предмет дано Шафером [4], а роль октонионов и композиционных алгебр в современной математике обсуждается, например, Баззом [5]. В настоящей работе исследуется не классификация

конкретной алгебры, а информационное следствие скрытого выбора одной из двух допустимых расстановок скобок.

Основная идея состоит в следующем. Если одному и тому же входу $u = (x, y, z)$ соответствуют два допустимых результата $r_L(u)$ и $r_R(u)$, а истинный индекс L или R недоступен оценителю, то одна и та же оценка должна приближать две точки. Неравенство треугольника немедленно даёт минимаксную границу, равную половине расстояния между ними. Если одновременно требуется восстановить различающую протоколы структурную координату, произведение двух ошибок получает множитель $1/4$.

Автор называет этот математический каркас принципом неопределённости Курпишева ПН.2. Термин фиксирует происхождение концепции, но не меняет доказательного статуса: теорема относится к явно определённой модели скрытой скобочной альтернативы. Она не совпадает с дисперсионным соотношением Робертсона–Шрёдингера [1, 2] и не совпадает с отношениями «шум–возмущение» Одзавы [3]. Для связи с квантовой теорией требуется отдельное операторное представление и проверка доменов.

Вклад статьи состоит из четырёх частей:

1. формулируется типово корректная двухальтернативная модель и три вида ошибок;
2. доказываются локальные скалярная и полносостояний минимаксные границы;
3. выводится равномерная форма при доказанной коэрцитивности;
4. строится полностью вычислимая двумерная алгебра, на которой показаны вырождение, делимость, компактная положительная грань и точность констант.

2. Алгебраическая модель и информационное ограничение

2.1. Базовые объекты

Пусть A — нормированное линейное пространство над R или C с билинейной операцией

$$\odot: A \times A \rightarrow A.$$

Ассоциативность не предполагается. Для $u = (x, y, z)$ определим два скобочных протокола

$$b_L(u) = (x \odot y) \odot z, \quad b_R(u) = x \odot (y \odot z),$$

и соответствующие результаты

$$r_L(u) = b_L(u), \quad r_R(u) = b_R(u).$$

Ассоциатор равен

$$K(u) = K(x, y, z) = (x \odot y) \odot z - x \odot (y \odot z) = r_L(u) - r_R(u).$$

Обозначение $R \star R$ сохраняется за авторским проектным объектом ассоциаторного слоя; в настоящей статье $K(x, y, z)$ является конкретной оценкой ассоциатора на тройке. Символ $\star$ не используется как бинарное умножение и не обозначает звезду Ходжа; базовая операция записывается как $\odot$.

Пусть $B = \{b_L, b_R\}$ и $\mathfrak{D}: B \rightarrow R$ — структурная координата, различающая протоколы. Введём разрыв

$$\Delta_D = |\mathfrak{D}(b_L) - \mathfrak{D}(b_R)|.$$

В доказанной математической модели $\mathfrak{D}$ является координатой протокола. Интерпретация её как физической размерности требует независимой калибровки.

Пусть $S: A \rightarrow R$ — скалярная наблюдаемая, а $\Omega \subseteq A^3$ — область допустимых троек. Локальные разрывы равны

$$\Delta_S(u) = |S(r_L(u)) - S(r_R(u))|, \quad \Delta_R(u) = \|r_L(u) - r_R(u)\| = \|K(u)\|.$$

2.2. Скрытая структурная альтернатива и ошибки

Истинный индекс $b \in B$ считается скрытым от оценителя. Оценитель обязан выдать одну и ту же пару $(\hat{s}, \hat{d})$, не используя b . Для фиксированного u положим

$$e_S(u; \hat{s}) = \max\{| \hat{s} - S(r_L(u)) |, | \hat{s} - S(r_R(u)) |\}, \quad e_D(u; \hat{d}) = \max\{| \hat{d} - \mathfrak{D}(b_L) |, | \hat{d} - \mathfrak{D}(b_R) |\}.$$

Для полносостояний оценки $\hat{r} \in A$ определим

$$e_R(u; \hat{r}) = \max\{\|\hat{r} - r_L(u)\|, \|\hat{r} - r_R(u)\|\}.$$

Именно запрет использовать скрытый индекс, а не одна лишь неассоциативность, создаёт задачу неопределённости. Если истинный протокол известен заранее, теорема ниже к такому эксперименту не применяется.

2.3. Разделимость и равномерность

Определение 2.1 (с-разделение). Наблюдаемая S называется c -разделяющей на Ω , если существует $c > 0$ такое, что

$$\Delta_S(u) \geq c\|K(u)\| \quad \text{для всех } u \in \Omega.$$

Определение 2.2 (равномерная ПН.2-область). Пусть $m: \Omega \rightarrow (0, \infty)$. Область Ω называется равномерной ПН.2-областью относительно m , если $\Delta_D > 0$ и существует $\varepsilon_- > 0$, для которого

$$\|K(u)\| \geq \varepsilon_- m(u) \quad \text{для всех } u \in \Omega.$$

Минимальные предпосылки основной теоремы таковы: операция билинейна и оба скобочных результата определены; допустимы две скрытые альтернативы; одна и та же оценка используется для обеих альтернатив; $\Delta_D > 0$ требуется для положительной структурной границы. Скалярная положительная граница дополнительно требует $\Delta_S(u) > 0$ или c -разделения. Равномерная константа требует положительной нижней, а не верхней, грани ассоциатора.

3. Двухточечная минимаксная лемма

Лемма 3.1. Для любых точек a, b, q метрического пространства (X, d) выполняется

$$\max\{d(q, a), d(q, b)\} \geq \frac{1}{2}d(a, b).$$

Доказательство. Из неравенства треугольника

$$d(a, b) \leq d(a, q) + d(q, b) \leq 2\max\{d(q, a), d(q, b)\}$$

следует требуемое. $\square$

Лемма является детерминированной двухточечной минимаксной оценкой. В отличие от статистических двухточечных методов [7], здесь не вводятся вероятности, распределения или риск по выборке: неопределённость целиком задаётся скрытым структурным индексом.

4. Основная теорема ПН.2

Теорема 4.1 (локальная минимаксная ПН.2 Курпишева). Пусть выполнены предпосылки раздела 2. Тогда для каждого $u \in \Omega$ и любой пары оценок $(\hat{s}, \hat{d})$, не использующей скрытый индекс b ,

$$e_S(u; \hat{s})e_D(u; \hat{d}) \geq \frac{1}{4}\Delta_S(u)\Delta_D.$$

(PN.2-S)

Для любой полносостояний оценки $\hat{r} \in A$ выполняется

$$e_R(u; \hat{r})e_D(u; \hat{d}) \geq \frac{1}{4}\|K(u)\|\Delta_D.$$

(PN.2-R)

Если S является c -разделяющей на Ω , то

$$e_S(u; \hat{s})e_D(u; \hat{d}) \geq \frac{c}{4}\|K(u)\|\Delta_D.$$

(PN.2-K)

Доказательство. Применяя лемму 3.1 на вещественной прямой к двум значениям $S(r_L(u))$ и $S(r_R(u))$, получаем

$$e_S(u; \hat{s}) \geq \frac{1}{2}\Delta_S(u).$$

Та же лемма для чисел $\mathfrak{D}(b_L)$ и $\mathfrak{D}(b_R)$ даёт

$$e_D(u; \hat{d}) \geq \frac{1}{2}\Delta_D.$$

Перемножение доказывает (PN.2-S). В метрическом пространстве $(A, \|\cdot\|)$ лемма даёт

$$e_R(u; \hat{r}) \geq \frac{1}{2} \|r_L(u) - r_R(u)\| = \frac{1}{2} \|K(u)\|.$$

Совместно с границей для e_D это доказывает (PN.2-R). Подстановка $\Delta_S(u) \geq c\|K(u)\|$ в (PN.2-S) даёт (PN.2-K). $\square$

Статус теоремы: доказанный математический результат внутри явно заданной модели скрытой скобочной альтернативы. Авторская атрибуция концепции ПН.2: И. Б. Курпишев, Калининград, 2026.

5. Равномерная форма и количественные условия

Следствие 5.1 (условная равномерная ПН.2). Если Ω является равномерной ПН.2-областью относительно m , то

$$e_R(u; \hat{r})e_D(u; \hat{d}) \geq \frac{\varepsilon_- \Delta_D}{4} m(u), \quad u \in \Omega.$$

Если S c -разделяет ассоциатор, то

$$e_S(u; \hat{s})e_D(u; \hat{d}) \geq \kappa_\Omega m(u), \quad \kappa_\Omega = \frac{c\varepsilon_- \Delta_D}{4}.$$

5.1. Нижняя и верхняя константы

Величина

$$\varepsilon_+ = \sup_{(x,y,z)} \frac{\|K(x,y,z)\|}{\|x\|\|y\|\|z\|}$$

даёт только верхнюю оценку

$$\|K(x, y, z)\| \leq \varepsilon_+ \|x\|\|y\|\|z\|.$$

Положительная нижняя оценка с тем же ε_+ логически не следует. Для равномерной теоремы нужна ограниченная область и величина

$$\varepsilon_- = \inf_{u \in \Omega} \frac{\|K(u)\|}{m(u)} > 0.$$

Область, содержащая точку $K = 0$, не допускает положительной ε_- при положительном m .

5.2. Почему норма результата может не различать скобки

Обратное неравенство треугольника даёт лишь

$$\left| \|r_L\| - \|r_R\| \right| \leq \|r_L - r_R\| = \|K\|.$$

Нижней оценки отсюда нет. В частности, мультипликативность нормы в октонионах может давать $\|(xy)z\| = \|x(yz)\|$ при ненулевом ассоциаторе [5]. Поэтому скалярная версия должна использовать заранее доказанную разделяющую наблюдаемую, тогда как полносостояний версия непосредственно видит $\|K\|$.

5.3. Категориальная оговорка

Утверждение об отсутствии естественного преобразования между двумя не определёнными явно функторами не равносильно запрету совместного восстановления. Для категориального аналога ПН.2 необходимо задать категории, функторы, морфизмы и точный объект по-го — например, отсутствие совместной естественной секции. Общая терминология теории категорий используется в смысле [6].

6. Явные примеры, вырождения и точность

Во всех примерах положим

$$\mathfrak{D}(b_L) = -\frac{1}{2}, \quad \mathfrak{D}(b_R) = \frac{1}{2}, \quad \Delta_D = 1.$$

Оптимальная симметричная оценка $\hat{d} = 0$ даёт $e_D = 1/2$. Перестановка названий b_L, b_R меняет знак $\mathfrak{D}$, но сохраняет Δ_D и все границы. Эта координата является протокольной, а не физической.

6.1. Ассоциативный нулевой случай

Пусть $A = R$, $x \odot y = xy$, $\|x\| = |x|$ и $u = (1, 2, 3)$. Тогда

$$r_L = (1 \cdot 2) \cdot 3 = 6, \quad r_R = 1 \cdot (2 \cdot 3) = 6, \quad K = 0.$$

Для $S(t) = |t|$, $\hat{s} = 6$, $\hat{r} = 6$ и $\hat{d} = 0$ имеем

$$\Delta_S = 0, \quad e_S = 0, \quad e_R = 0, \quad e_D = \frac{1}{2}.$$

Обе границы равны нулю и достигаются. Это контрпример к любой безусловной положительной константе на области, содержащей ассоциативную точку, но не к теореме 4.1.

6.2. Вспомогательная двумерная неассоциативная алгебра

Пусть $A_2 = R^2$ с базисом $e_1 = (1, 0)$, $e_2 = (0, 1)$ и таблицей

$$e_1 \odot e_1 = e_2, \quad e_2 \odot e_1 = e_2, \quad e_1 \odot e_2 = -e_2, \quad e_2 \odot e_2 = 0.$$

Эквивалентно,

$$(\alpha, \beta) \odot (\gamma, \delta) = (0, \alpha\gamma + \beta\gamma - \alpha\delta).$$

Операция билинейна и замкнута. Введём норму

$$\|(\alpha, \beta)\| = 2\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}.$$

Для $M = (1 \ -1 \ 1 \ 0)$ имеем $\|M\|_2 \leq \|M\|_F = \sqrt{3}$, поэтому

$$\|x \odot y\| = 2|(\alpha, \beta)M(\gamma, \delta)^T| \leq 2\sqrt{3}\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}\sqrt{\gamma^2 + \delta^2}.$$

Поскольку $2\sqrt{3} \leq 4$, далее

$$2\sqrt{3}\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}\sqrt{\gamma^2 + \delta^2} \leq 4\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}\sqrt{\gamma^2 + \delta^2} = \|x\|\|y\|.$$

Таким образом, A_2 — конечномерная полная нормированная неунитальная алгебра с непрерывным умножением. При необходимости можно выполнить стандартную унитализацию, не изменяя вычислений ассоциатора на идеале A_2 .

Для $u = (e_1, e_1, e_1)$ получаем

$$r_L = e_2, \quad r_R = -e_2, \quad K = 2e_2, \quad \|K\| = 4.$$

Если $S(v) = \|v\|$, то $S(r_L) = S(r_R) = 2$ и $\Delta_S = 0$. При $\hat{s} = 2$, $\hat{r} = 0$, $\hat{d} = 0$ имеем

$$e_S = 0, \quad e_R = 2, \quad e_D = \frac{1}{2}.$$

Скалярная граница вырождается, но

$$e_R e_D = 1 = \frac{1}{4} \|K\| \Delta_D.$$

Следовательно, норма результата не обязана различать неассоциативные исходы, тогда как полносостояний граница остаётся точной.

6.3. Глобальное с-разделение

На A_2 определим

$$S(\alpha e_1 + \beta e_2) = 2\beta.$$

Для любых $x, y, z \in A_2$ ассоциатор имеет вид $K = ke_2$. Поэтому

$$\Delta_S = |S(K)| = 2|k| = \|K\|.$$

Наблюдаемая глобально s -разделяет K на A_2^3 с точной константой $c = 1$.

Для $u = (e_1, 2e_1, 3e_1)$ имеем

$$r_L = 6e_2, \quad r_R = -6e_2, \quad K = 12e_2, \quad \|K\| = 24,$$

а $S(r_L) = 12$, $S(r_R) = -12$ и $\Delta_S = 24$. Мидпойнт-оценки $\hat{s} = \hat{d} = 0$, $\hat{r} = 0$ дают

$$e_S = 12, \quad e_R = 12, \quad e_D = \frac{1}{2},$$

и

$$e_S e_D = e_R e_D = 6 = \frac{1}{4} \|K\| \Delta_D.$$

Следовательно, универсальный коэффициент $1/4$ в теореме 4.1 улучшить нельзя.

6.4. Компактная область с положительной ε -

Пусть $x = (a, b)$, $y = (p, q)$, $z = (r, s)$ и

$$\Omega = \left\{ ((a, b), (p, q), (r, s)) : a, p, r \in [1, 2], b, q, s \in \left[-\frac{1}{4}, \frac{1}{4}\right] \right\}.$$

Это компактный параллелепипед в R^6 с непустой внутренностью. Прямое вычисление даёт

$x \odot y = (0, p(a + b) - aq)$, $(x \odot y) \odot z = (0, r[p(a + b) - aq])$, $y \odot z = (0, pr + qr - ps)$, $x \odot (y \odot z)$ откуда

$$K(x, y, z) = (0, p[(2a + b)r - as]).$$

Параметр q сокращается тождественно. Положим

$$g(a, b, r, s) = (2a + b)r - as = a(2r - s) + br.$$

На Ω функция g возрастает по a и b , убывает по s ; после подстановки $a = 1$, $b = -1/4$, $s = 1/4$ получаем

$$g = \frac{7}{4}r - \frac{1}{4},$$

что возрастает по r . Поэтому

$$\min_{\Omega} g = \frac{3}{2}$$

при $r = 1$. Поскольку $p \geq 1$, точная нижняя грань равна

$$\inf_{u \in \Omega} \|K(u)\| = 2 \inf_{u \in \Omega} p g = 3.$$

Для $m(u) \equiv 1$ имеем точную константу

$$\varepsilon_- = 3 > 0.$$

Если вместо этого взять $m_{\times}(u) = \|x\|\|y\|\|z\|$, то

$$\|x\|, \|y\|, \|z\| \leq \frac{\sqrt{65}}{2}, \quad m_{\times}(u) \leq \frac{65\sqrt{65}}{8},$$

и сертифицирована, хотя не заявляется как оптимальная, граница

$$\frac{\|K(u)\|}{m_{\times}(u)} \geq \frac{24}{65\sqrt{65}} > 0.$$

Точная ε_- достигается на тройке

$$u_* = \left(e_1 - \frac{1}{4}e_2, e_1, e_1 + \frac{1}{4}e_2 \right).$$

Здесь

$$r_L(u_*) = \frac{3}{4}e_2, \quad r_R(u_*) = -\frac{3}{4}e_2, \quad K(u_*) = \frac{3}{2}e_2, \quad \|K(u_*)\| = 3.$$

Для разделяющей наблюдаемой S получаем $S(r_L) = 3/2$, $S(r_R) = -3/2$, $\Delta_S = 3$. При нулевых мидпойнт-оценках

$$e_S = e_R = \frac{3}{2}, \quad e_D = \frac{1}{2}, \quad e_S e_D = e_R e_D = \frac{3}{4}.$$

Тем самым равномерные скалярная и полносостояний границы достигаются точно.

7. Следствия и границы применимости

Из теоремы и примеров следуют утверждения:

1. если $K(u) \neq 0$ и $\Delta_D > 0$, единый полносостояний оценщик не может иметь одновременно $e_R = 0$ и $e_D = 0$;
2. в ассоциативном пределе $K \rightarrow 0$ доказанная граница непрерывно вырождается;
3. положительная универсальная к невозможна на области, содержащей точку $K = 0$, при положительном масштабе m ;
4. одна фиксированная скалярная наблюдаемая может не обнаруживать ненулевой ассоциатор, но разделяющая семья линейных функционалов в конечномерном пространстве обнаруживает любой ненулевой вектор;
5. теорема является задачей различения двух скрытых структурных альтернатив и не является автоматически квантовой неопределённостью некоммутирующих операторов.

Теорема не применяется на ассоциативном секторе для получения положительной границы, при $\Delta_D = 0$, при неразделяющей S в скалярной версии и к протоколу, которому заранее сообщён

истинный индекс b . Обычная размерность $\dim A$ не зависит от скобок и сама по себе не может играть роль $\mathfrak{D}$. Одинакова для b_L, b_R и максимальная глубина трёхлистного бинарного дерева; поэтому $\mathfrak{D}$ должна задаваться иной действительно различающей структурой.

Историческую запись вида

$$\Delta|R| \Delta \dim(R) \geq \varepsilon \|R\|^3$$

можно использовать только после доказательства четырёх мостов: соответствия $\Delta|R|$ одной из ошибок e_S, e_R ; соответствия $\Delta \dim$ ошибке e_D ; выбора масштаба $m = \|R\|^3$; и существования положительной нижней константы ε_- .

8. Реестр доказательных обязательств и физический статус

Для полной авторской теории $R \star R$ остаются следующие обязательства.

РО-1. Задать носитель, поле, базис, умножение или структурные константы, единицу, инволюцию, норму и область определения авторской алгебры.

РО-2. Проверить билинейность, замкнутость, непрерывность, нулевые делители и существование используемых операторов.

РО-3. Вычислить ненулевые ассоциаторы и классифицировать ассоциативные и неассоциативные сектора.

РО-4. Определить $\mathfrak{D}$ с $\Delta_D > 0$, доказать её инвариантность и интерпретацию.

РО-5. Выбрать физически интерпретируемую S и доказать s -разделение либо использовать полносостояний вариант.

РО-6. Построить измерительную модель скрытости b и операционализировать ошибки.

РО-7. Для авторской алгебры выбрать Ω и доказать положительную ε_- .

РО-8. Проверить физические размерности $S, \mathfrak{D}, K, m$ и к.

РО-9. Построить строгую категориальную версию с точным объектом по-go.

РО-10. Для связи с ПН.1 задать представление в гильбертовом пространстве, самосопряжённые операторы и их домены.

РО-11. Примеры и контрпримеры: закрыто в настоящей статье четырьмя конструкциями раздела 6 на уровне абстрактного пакета ПН.2.

РО-12. Независимая воспроизводимость. Статус: закрыто Приложением В канонической редакции и вычислимым сертификатом PN2-PO12-A2-v1.0 для алгебр $\mathbb{R}$ и $\mathcal{A}_2$ и четырёх примеров A.1–A.4. Закрытие относится только к абстрактному теоремному пакету; перенос сертификата на авторскую физическую алгебру $R \star R$ зависит от РО-1–РО-10, которые остаются открытыми.

Ниже перечислены физические утверждения, которые не следуют из теоремы 4.1 и сохраняют статус проверяемых гипотез: физическая онтология $R \star R$ как алгебры времени; фундаментальность ПН.2 по отношению к ПН.1; вывод ПН.1 из ПН.2; калибровка масштаба $\|K\| \sim \hbar$; индуцированный операторный коммутатор; семикомпонентная структура времени; физическая реализация ФОС и модели Время*Пространство; оператор хода времени; монотонность структурной сложности; ковариантная динамика ассоциатора; сценарии ранней Вселенной; локализация ассоциатора в материи; конечность структурной ветви наблюдателя; поправки к ОТО, сингулярностям и тёмному сектору. Каждое из этих утверждений требует операциональных наблюдаемых, единиц, нулевой модели, заранее заданного критерия, оценки неопределённости, открытых данных или кода и независимого воспроизведения.

9. Отношение к квантовой неопределённости

Для самосопряжённых операторов A, B и допустимого состояния ψ соотношение Робертсона имеет вид

$$\sigma_A \sigma_B \geq \frac{1}{2} |\langle \psi, [A, B] \psi \rangle|,$$

при выполнении доменных условий [1]. Оно относится к дисперсиям квантовых наблюдаемых. Теорема 4.1 относится к наихудшим ошибкам одной оценки при двух скрытых скобочных

альтернативах. Общим является мотив нижней границы, но математические объекты и типы ошибок различны.

Поэтому запись «ПН.2 $\Rightarrow$ ПН.1» в настоящей редакции имеет статус исследовательской гипотезы. Для её доказательства необходимо построить представление ρ алгебры в гильбертовом пространстве, определить плотно заданные самосопряжённые операторы X, P , проверить области произведений и коммутатора и только затем сравнивать полученную границу с $\hbar$.

10. Заключение

Доказана точная двухточечная минимаксная теорема для скрытого выбора расстановки скобок в нормированной неассоциативной алгебре. Её полносостояний форма связывает произведение ошибок с нормой ассоциатора и разрывом структурной координаты; скалярная форма требует наблюдаемой, различающей два результата. Равномерная константа возникает только после доказательства положительной нижней грани ассоциатора на явно заданной области.

Полностью вычислимая алгебра A_2 показывает одновременно четыре логически различных режима: нулевой ассоциативный предел, невидимость ассоциатора для нормы результата, точное c -разделение и положительную компактную коэрцитивность. Все невырожденные границы достигаются, поэтому коэффициент $1/4$ является оптимальным в классе сформулированных двухточечных моделей.

Математический результат завершён на уровне теоремы 4.1, примеров РО-11 и воспроизводимого сертификата РО-12 для абстрактного теоремного пакета. Построение конкретной авторской алгебры $R \star R$, её измерительная операционализация и физические следствия остаются отдельной программой; РО-1–РО-10 настоящим результатом не закрываются.

А. Доказательные статусы и происхождение редакции

В статье используются следующие статусы: *определение* вводит объект; *модельная аксиома* задаёт класс моделей; *теорема* следует из перечисленных предпосылок; *условное следствие* требует дополнительной гипотезы; *математическая гипотеза* требует доказательства или контрпримера; *физическая гипотеза* требует операционализации и независимого эксперимента.

Каноническая редакция v1.0 была согласована по полной авторской версии «Kurpishev_PN2_author_article_ru_v0.2» от 8 марта 2026 г., её архивному дубликату, PDF-копии и нотационному PATCH README. Текстовые дубликаты не содержали смыслового конфликта; различались верстка и технические переносы. Редакция v1.1 включает закрытие РО-11 и синхронизированное закрытие РО-12 через Приложение В и сертификат PN2-PO12-A2-v1.0 на уровне абстрактного теоремного пакета, журнальную перестройку и типографскую нормализацию без повышения доказательного или физического статуса и без закрытия РО-1–РО-10.

Контроль нотации:

- $R \star R$ — авторский объект ассоциаторного слоя;
- $K(x, y, z)$ — вычисленный ассоциатор конкретной тройки;
- $\odot$ — базовая бинарная операция;
- $\star$ не является бинарным умножением и не является звездой Ходжа;
- $\mathfrak{D}$ — структурная координата только после явного определения;
- физическая интерпретация не выводится из одной нотации.

В. Публикационная формула и контроль целостности

Краткая доказанная формулировка:

Для двух скрытых допустимых расстановок скобок в нормированной неассоциативной алгебре введены ошибки единого оценителя результата и структурной координаты. Доказано, что произведение ошибок не меньше одной четверти произведения нормы ассоциатора на разрыв структурной координаты. Универсальная положительная константа существует лишь на области с доказанной равномерной нижней границей ассоциатора.

Краткая авторская атрибуция: «Принцип неопределённости ПН.2 Курпишева (Курпишев И. Б., Калининград, 2026)».

До выполнения открытых обязательств недопустима формула «доказан новый универсальный физический принцип, более сильный, чем принцип Гейзенберга». Корректная формула статуса: «предложена математическая модель структурной неопределённости; доказана минимаксная теорема внутри модели; физические мосты сформулированы как проверяемые гипотезы».

Контроль целостности итоговой редакции:

- авторская связка «неассоциативность — структурная вложенность — ограничение единого восстановления» сохранена;
- исторические формулы промаркированы как условные;
- математическая теорема отделена от физической интерпретации;
- четыре части РО-11 вычислены полностью;
- ни одно утверждение физического реестра не повышено без независимой проверки.

Доступность данных

Внешние наборы данных не использовались. Воспроизводимый сертификат PN2-PO12-A2-v1.0 опубликован в Приложении В канонической редакции PN2_theorem_ru_v1.0: структурные константы, точный код, тесты, таблица значений, инструкция воспроизведения и SHA-256 зафиксированы для алгебр $\mathbb{R}$ и $\mathcal{A}_2$ и примеров A.1–A.4. Это закрывает РО-12 только на уровне абстрактного теоремного пакета и не закрывает РО-1–РО-10, не сертифицирует $R \star R$ и не изменяет физический статус ПН.2.

Список литературы

- [1] Robertson H. P. The Uncertainty Principle. *Physical Review*. 1929;34:163–164. doi:10.1103/PhysRev.34.163.
- [2] Schrödinger E. Zum Heisenbergschen Unschärfeprinzip. *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften, Physikalisch-mathematische Klasse*. 1930:296–303.
- [3] Ozawa M. Universally valid reformulation of the Heisenberg uncertainty principle on noise and disturbance in measurement. *Physical Review A*. 2003;67:042105. doi:10.1103/PhysRevA.67.042105.
- [4] Schafer R. D. *An Introduction to Nonassociative Algebras*. New York: Academic Press; 1966.
- [5] Baez J. C. The Octonions. *Bulletin of the American Mathematical Society*. 2002;39:145–205. doi:10.1090/S0273-0979-01-00934-X; arXiv:math/0105155.
- [6] Mac Lane S. *Categories for the Working Mathematician*. 2nd ed. New York: Springer; 1998. doi:10.1007/978-1-4757-4721-8.
- [7] Le Cam L. *Asymptotic Methods in Statistical Decision Theory*. New York: Springer; 1986. doi:10.1007/978-1-4612-4946-7.
- [8] Курпишев И. Б. Авторская формулировка принципа неопределённости Курпишева (ПН.2). Рабочая статья v0.2; канонический теоремный пакет v1.0; журнальная редакция v1.1. Калининград; 2026.