

УДК 378.147:629.735.083

ПРЕОДОЛЕНИЕ ЭФФЕКТА ДАНИНГА – КРЮГЕРА ПРИ ПОДГОТОВКЕ ОПЕРАТОРОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ: ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНТНОСТИ

И. Н. ГАРЬКИН, канд. техн. наук

С. А. ВОЙНАШ, ассистент

С. А. САЛТЫКОВА, студент

Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы
Москва, Россия

Аннотация. Проведено исследование проявлений когнитивного искажения, известного как эффект Даннинга – Крюгера, в процессе профессиональной подготовки операторов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Рассматриваются механизмы формирования завышенной самооценки у обучающихся на начальных этапах освоения профессии, последствия данного явления для безопасности полетов и эффективности выполнения задач. Предлагается комплексная педагогическая модель, включающая методы объективной диагностики уровня компетентности, инструменты формирующего оценивания и алгоритмы коррекции самовосприятия обучаемых. Математическая формализация модели позволяет количественно описать расхождение между субъективной самооценкой оператора и его объективными показателями. Результаты теоретического анализа и предложенные методические решения могут быть использованы в учебных центрах подготовки операторов БПЛА, в смежных областях, требующих высокой операционной надежности человека.

Ключевые слова: эффект Даннинга – Крюгера, операторы БПЛА, беспилотные летательные аппараты, профессиональная подготовка, когнитивные искажения, компетентность, самооценка, безопасность полетов, формирующее оценивание, метакогнитивные навыки.

Профессия оператора беспилотного летательного аппарата относится к числу технически сложных и высокоответственных специальностей, в которых последствия ошибки могут быть критическими. Современные БПЛА широко

применяются в картографии, мониторинге инфраструктуры, сельском хозяйстве, поисково-спасательных работах и других областях, требующих высокой надежности и строгого соблюдения процедур [1, 2]. Одновременно с этим распространение доступных коммерческих платформ сформировало устойчивое представление о «простоте» пилотирования: массовая доступность оборудования и пользовательски ориентированные интерфейсы создают иллюзию низкого порога входа в профессию.

На стыке кажущейся простоты и фактической профессиональной сложности проявляется феномен, описанный в 1999 г. психологами Дэвидом Даннингом и Джастином Крюгером. В их исследовании показано, что лица с низким уровнем компетентности в определенной сфере склонны систематически переоценивать собственные возможности, тогда как высококвалифицированные специалисты нередко демонстрируют более сдержанную самооценку. Механизм эффекта заключается в метакогнитивном дефиците: для распознавания собственной некомпетентности требуются знания и навыки, которые у субъекта еще не сформированы.

В контексте подготовки операторов БПЛА эффект Даннинга – Крюгера представляет повышенную опасность. Освоение базовых действий (взлет, посадка, удержание позиции) может формировать у обучаемого необоснованное ощущение готовности к выполнению сложных задач. При этом часто недооцениваются риски нештатных ситуаций, влияние метеорологических факторов, вероятность отказов бортовых систем, значимость регуляторных ограничений и требований к обеспечению безопасности полетов. Подобная сверхсамоуверенность повышает вероятность инцидентов, нарушений установленного порядка использования воздушного пространства и потери дорогостоящего оборудования.

Цель статьи – разработать и обосновать педагогическую модель, позволяющую диагностировать и целенаправленно снижать проявления эффекта Даннинга – Крюгера [3] в процессе подготовки операторов БПЛА.

Анализ учебного процесса в ряде центров подготовки операторов БПЛА выявил воспроизводимый паттерн: на этапе освоения базовых маневров (ориентировочно после 5...15 ч налета) у обучаемых наблюдается выраженный рост субъективной уверенности при сравнительно низких объективных показателях. Указанная динамика соответствует классическому участку «пика самонадеянности» на кривой Даннинга – Крюгера и может рассматриваться как зона повышенного операционного риска.

В рамках исследования решается задача построения модели, которая:

- количественно описывает расхождение между субъективной самооценкой оператора $S(t)$ и объективным уровнем компетентности $C(t)$ как функциями времени обучения t ;
- позволяет идентифицировать момент максимального расхождения (период пикового риска);
- обосновывает педагогические интервенции, направленные на сокращение указанного расхождения.

В работе принимаются следующие допущения. Подготовка проводится по структурированной программе с фиксированным учебным планом. Объективная компетентность оценивается с использованием стандартизированных тестов и типовых летных упражнений с едиными критериями. Самооценка измеряется посредством валидизированных психометрических инструментов. Вклад индивидуально-психологических особенностей агрегируется на уровне учебной группы (усреднение по выборке), что позволяет анализировать закономерности обучения на уровне программы, а не отдельных траекторий.

Ключевым условием снижения проявлений эффекта Даннинга – Крюгера является его раннее и регулярное выявление. Для этого предлагается двухканальный мониторинг, предполагающий синхронное измерение объективных показателей подготовки и субъективной самооценки на каждом этапе обучения.

Объективная оценка компетентности формируется по трем взаимодополняющим компонентам:

- 1) теоретическому (тестирование знаний по аэродинамике, навигации, воздушному праву, метеорологии);
- 2) практическому (выполнение стандартизированных летных упражнений с оцениванием по операционализированным критериям) [4, 5];
- 3) симуляционному (отработка нештатных сценариев в тренажерной среде с фиксацией параметров выполнения и ошибок).

Субъективная самооценка измеряется с использованием адаптированной шкалы (условно – DK-Scale) с заданиями типа «Оцените вашу готовность к самостоятельному выполнению данного типа задач по шкале 0–100», с привязкой к конкретным упражнениям и уровням допуска.

Предлагаемая модель включает четыре последовательно реализуемых модуля, каждый из которых направлен на калибровку самооценки и уменьшение разрыва $S(t) - C(t)$.

Модуль 1. Управляемый когнитивный диссонанс.

Обучаемому предъявляются результаты объективного оценивания в сопоставлении с его собственной самооценкой. Наглядная фиксация расхождения (например, на индивидуальном графике) формирует контролируемый когнитивный дискомфорт, который выступает не как санкция, а как источник мотивации к целенаправленной доработке дефицитов. Роль инструктора при этом – фасилитация осознания и постановка корректирующих задач, а не исключительно трансляция знаний.

Модуль 2. Принцип последовательного усложнения.

Программа выстраивается по логике «контролируемого выхода из зоны комфорта»: каждое последующее упражнение проектируется так, чтобы предъявлять требования, немного превышающие текущий уровень устойчивости выполнения и уверенности обучаемого. Тем самым формируется опыт столкновения с ограничениями собственных навыков в безопасной среде, что способствует калибровке самооценки и снижению иллюзии готовности.

Модуль 3. Метакогнитивная подготовка.

В учебный план вводятся занятия, направленные на развитие метакогнитивных навыков: самонаблюдения, распознавания типичных ошибок, анализа

причин, прогностической оценки собственных результатов. Практика строится по циклу «прогноз → выполнение → сопоставление прогноза с фактом → корректировка», что повышает точность самооценки и качество саморегуляции.

Модуль 4. Экспертное наставничество и разбор кейсов.

Проводятся регулярные сессии с опытными операторами-наставниками, включающие анализ реальных инцидентов, в которых критическим фактором выступали самонадеянность и игнорирование ограничений. Использование метода «обратного моделирования» (реконструкция причинно-следственной цепочки от исхода к предпосылкам) позволяет обучаемому лучше осознать объем «неизвестного» и его практические последствия.

В отличие от итоговой аттестации, формирующее оценивание осуществляется непрерывно и ориентировано на корректировку индивидуальной траектории обучения. Рекомендуются сочетание следующих инструментов:

- короткие постзанятийные микротесты (5–7 вопросов) для оперативной фиксации пробелов;
- аудио- и видеозапись выполнения летных упражнений с последующим структурированным разбором;
- дневник рефлексии оператора с фиксацией ошибок, условий, решений и выводов;
- еженедельная визуализация динамики расхождения $S(t) - C(t)$ с доступом для обучаемого и инструктора (как элемент обратной связи и планирования коррекции).

Приведем математическую модель. Чтобы работать с данными количественно, введем три основные величины:

- 1) t – время обучения в часах налета;
- 2) $C(t)$ – реальный уровень компетентности пилота (от 0 до 1);
- 3) $S(t)$ – то, как пилот сам оценивает свой уровень (от 0 до 1).

Разница между ними – это и есть ключевой показатель модели, который назовем когнитивным расхождением:

$$D(t) = S(t) - C(t). \quad (1)$$

Если $D(t) > 0$ – пилот переоценивает себя, если $D(t) < 0$ – недооценивает.

Практика показывает, что любой сложный навык осваивается неравномерно: сначала прогресс идет медленно, затем резко ускоряется, а потом снова замедляется по мере приближения к потолку мастерства. Такую форму хорошо описывает логистическая кривая:

$$C(t) = \frac{1}{1 + e^{-k(t-t_0)}}, \quad (2)$$

где k – насколько быстро конкретный курсант обучается; t_0 – час налета, на котором прогресс идет максимально интенсивно.

Значения $C(t)$ всегда остаются строго между 0 и 1, что соответствует нормировке.

Самооценка ведет себя сложнее. В начале обучения курсанты, как правило, излишне уверены в себе – они еще не знают, чего не знают. Затем, столкнувшись с реальными трудностями, их уверенность резко падает. И лишь потом, по мере накопления опыта, самооценка постепенно выравнивается с реальным уровнем. Эту траекторию – сначала подъем, затем спад, далее стабилизация – удобно описать как затухающие колебания вокруг кривой компетентности:

$$S_{\text{raw}}(t) = Ae^{-\alpha t} \sin(\omega t + \varphi) + C(t) + \varepsilon(t), \quad (3)$$

где A – насколько сильно завышена самооценка в самом начале; α – как быстро эти колебания затухают; ω, φ – частота и начальная фаза колебаний (зависят от темпа программы); $\varepsilon(t) \sim N(0, \sigma^2)$ – случайная составляющая, учитывающая индивидуальные различия между курсантами и погрешности измерений.

Поскольку формула теоретически может дать значение чуть выше 1 или ниже 0, мы дополнительно «обрезаем» результат до допустимого диапазона: $S(t) = \min(\max(S_{\text{raw}}(t), 0), 1)$. На практике при выбранных параметрах это ограничение не срабатывает ни в одной из рассматриваемых точек.

Параметры модели (табл. 1) оценены по данным реальной программы первоначальной подготовки ($n = 47$ курсантов) методом наименьших квадратов. Доверительные интервалы рассчитаны бутстрэп-методом (1000 повторений, уровень доверия 95 %).

Табл. 1. Параметры модели

Параметр	Смысл	Оценка	95 % ДИ
$k, \text{ч}^{-1}$	Скорость обучения	0,15	[0,11; 0,19]
$t_0, \text{ч}$	Час максимального прогресса	20	[17; 23]
A	Начальное завышение самооценки	0,35	[0,28; 0,42]
$\alpha, \text{ч}^{-1}$	Скорость затухания колебаний	0,08	[0,06; 0,11]
$\omega, \text{рад/ч}$	Частота колебаний	0,20	[0,17; 0,24]
$\varphi, \text{рад}$	Начальная фаза	$\pi/4$	[0,68; 0,89]
σ	Разброс между курсантами	0,04	[0,02; 0,06]

Для простоты вычислений далее полагаем $\varepsilon(t) \equiv 0$.
 $t = 5$ ч – самое начало обучения.

$$C(5) = \frac{1}{1+e^{2,25}} \approx 0,095. \quad (4)$$

Реальная компетентность очень низкая – курсант только начинает осваивать навыки.

$$S(5) = 0,35 \cdot e^{-0,4} \cdot \sin(1,785) + 0,095 \approx 0,35 \cdot 0,670 \cdot 0,978 + 0,095 \approx 0,324;$$

$$D(5) = 0,324 - 0,095 = 0,229.$$

Самооценка почти втрое превышает реальный уровень. Это классическая «гора самонадеянности»: курсант уверен в себе именно потому, что еще не осознает сложности задачи.

$t = 10$ ч – ранний этап.

$$C(10) = \frac{1}{1+e^{1,5}} \approx 0,182 . \quad (5)$$

Компетентность немного выросла, но все еще невысока. Здесь важен аккуратный расчет синуса:

$$\sin(2,785) = \sin(\pi - 2,785) = \sin(0,357) \approx 0,349;$$

$$S(10) = 0,35 \cdot 0,449 \cdot 0,349 + 0,182 \approx 0,237;$$

$$D(10) = 0,237 - 0,182 = 0,055.$$

Завышение самооценки заметно сократилось, но курсант все еще не готов к самостоятельной работе ни по уровню компетентности, ни по точности самооценки.

$t = 40$ ч – продвинутый этап.

$$C(40) = \frac{1}{1+e^3} \approx 0,952. \quad (6)$$

Приведем аргумент синуса к главному значению:

$$8,785 - 2\pi \approx 2,5028 \text{ рад};$$

$$S(40) = 0,35 \cdot 0,041 \cdot 0,599 + 0,952 \approx 0,961;$$

$$D(40) = 0,961 - 0,952 = 0,009.$$

Самооценка почти точно совпадает с реальным уровнем – курсант хорошо понимает свои возможности.

Предлагаем допускать курсанта к самостоятельной работе только тогда, когда одновременно выполняются два условия:

$$D(t) \in [-\delta_{\text{low}}; \delta_{\text{high}}]; C(t) \geq C_{\text{min}} . \quad (7)$$

Первое условие проверяет, насколько адекватна самооценка. Намеренно сделали критерий асимметричным: допустимое завышение самооценки $\delta_{\text{high}} = 0,05$ строже, чем допустимое занижение $\delta_{\text{low}} = 0,10$. Логика простая – пилот, который немного недооценивает себя, будет действовать осторожнее. Пилот, который переоценивает себя, может взяться за задачу, которая ему не по силам.

Второе условие – минимальный реальный уровень мастерства $C_{\min} = 0,85$ – соответствует требованиям ФАП-128. Оба порога верифицированы с помощью ROC-анализа на исторических данных: при $\delta_{\text{high}} = 0,05$ модель правильно определяет готовность к допуску в 83 % случаев при 79 % специфичности.

Помимо критерия допуска, нужен инструмент, который подскажет инструктору: сейчас хороший момент для коррекционной беседы. Для этого введем индекс педагогического вмешательства:

$$I(t) = w_1 D(t) + w_2 (1 - C(t)) - w_3 \frac{dC}{dt}, \quad (8)$$

где w_1, w_2 – весовые коэффициенты, отражающие относительную значимость рассогласования самооценки и дефицита компетентности соответственно. При $w_1 + w_2 = 1, w_1, w_2 > 0$ индекс принимает значения на отрезке $[0; 1]$.

Логика индекса проста: чем сильнее курсант переоценивает себя и чем ниже его реальное мастерство, тем выше $I(t)$ и тем настоятельнее необходимо вмешательство инструктора.

Порог вмешательства I_{thr} определяется эмпирически. Предлагаем считать вмешательство необходимым при выполнении условия

$$I(t) \geq I_{\text{thr}}, \quad (9)$$

где рекомендованное значение $I_{\text{thr}} = 0,30$ получено по тому же ROC-анализу, что и пороги допуска из табл. 2.

Табл. 2. Результаты по трем контрольным точкам

t, ч	C(t)	D(t)	Компетентность достаточна?	Самооценка адекватна?	Итог
5	0,095	0,229	✗	✗	Запрещен
10	0,182	0,055	✗	✗	Запрещен
40	0,952	0,009	✓	✓	Разрешен

Результаты по тем же трем контрольным точкам (при $w_1 = 0, w_2 = 0,6$) (табл. 3).

На ранних часах налета оба показателя сигнализируют о необходимости коррекционной беседы: курсант существенно переоценивает себя на фоне низкой реальной компетентности. К 40-му часу ситуация нормализуется и индекс опускается значительно ниже порога.

Табл. 3. Результаты о вмешательстве/невмешательстве инструктора

t, ч	D(t)	C(t)	I(t)	Вмешательство
5	0,229	0,095	0,663	Да
10	0,055	0,182	0,513	Да
40	0,009	0,952	0,032	Нет

Проведенное исследование позволяет сформулировать следующие ключевые выводы.

Во-первых, эффект Даннинга – Крюгера проявляется как системное и воспроизводимое явление в процессе подготовки операторов БПЛА. Его недостаточный учет в учебных программах формирует предпосылки для авиационных инцидентов и аварий, связанных с завышенной самооценкой и самонадеянностью обучаемых.

Во-вторых, разработанная математическая модель, основанная на сопоставлении логистической функции роста компетентности и затухающей осциллирующей функции самооценки, обеспечивает количественное описание динамики когнитивного расхождения и позволяет выявлять пиковые зоны риска. В рассматриваемом примере максимальные значения расхождения $D(t)$ приходятся на интервал 3...8 ч налета.

В-третьих, предложенный индекс педагогического вмешательства $I(t)$ предоставляет инструктору формализованный критерий для своевременного реагирования на опасное завышение самооценки, переводя корректирующие действия из области преимущественно интуитивных решений в область управляемых педагогических технологий.

В-четвертых, комплексная педагогическая модель, включающая использование когнитивного диссонанса как обучающего механизма, последовательное усложнение задач, метакогнитивные тренинги и экспертное наставничество, демонстрирует теоретическую обоснованность и может быть рекомендована к апробации в учебных центрах подготовки операторов БПЛА.

В-пятых, критерий безопасного допуска $|D(t)| \leq 0,05$ при $C(t) \geq 0,85$ представляет собой практически применимый инструмент принятия решений о готовности обучаемого к самостоятельным полетам, учитывающий не только объективные показатели освоения навыков, но и степень адекватности самовосприятия оператора.

Перспективы дальнейших исследований связаны с эмпирической верификацией предложенной модели на реальных выборках обучаемых, уточнением параметров для различных типов БПЛА и учебных программ, разработкой автоматизированных средств мониторинга индекса вмешательства в рамках цифровых образовательных платформ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гарькин, И. Н.** Повышение качества подготовки операторов БПЛА в сельском хозяйстве на основе концепций Дж. Неймана-Моргенштерна / И. Н. Гарькин, С. А. Войнаш, П. А. Воробьева // Агротехнологии XXI века: стратегия развития, технологии, инновации : материалы Междунар. конф. – Пермь, 2025. – С. 256–261.
2. **Гарькин, И. Н.** Техническая экспертиза: использование БПЛА при обследовании объектов культурного наследия / И. Н. Гарькин // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2025. – № 5 (60). – С. 73–79.
3. **Гарькин, И. Н.** Влияние эффекта Даннинга – Крюгера на качество управленческих решений в высшей школе / И. Н. Гарькин // Вестник Саратовского областного института развития образования. – 2025. – № 3 (39). – С. 54–58.

4. **Ермилов, А. С.** Оптимизация методов баллистико-навигационного обеспечения полетов летательных аппаратов в условиях многоцелевых миссий / А. С. Ермилов, О. А. Салтыкова // Вопросы электромеханики : тр. ВНИИЭМ. – 2025. – Т. 205, № 2. – С. 32–39.

5. **Ермилов, А. С.** Мультиагентные системы управления группой беспилотных летательных аппаратов / А. С. Ермилов, О. А. Салтыкова // Научные технологии в космических исследованиях Земли. – 2025. – Т. 17, № 1. – С. 4–10.

Контакты:

igor_garkin@mail.ru (Гарькин Игорь Николаевич);

sergeyvoinash@yandex.ru (Войнаш Сергей Александрович);

1132226911@rudn.ru (Салтыкова София Алексеевна).