

# Методика рационального выбора видеопередатчика для БПЛА FPV-типа

Александр Ананьев, Наиль Кузидаров, Сергей Пилкин

В статье рассматриваются ключевые параметры выбора видеопередатчика и осуществляется его выбор для беспилотных летательных аппаратов FPV-типа. Учитывая растущую популярность применения БПЛА в различных сферах, выбор надёжного и эффективного видеопередатчика становится особенно важным. Авторы анализируют различные характеристики видеопередатчиков, включая мощность передачи сигнала, диапазон частот, размер и вес, разъем для антенны, наличие микрофона, корпус, напряжение.

Видеопередатчик – это устройство, которое принимает видеосигнал с FPV-камеры квадрокоптера, преобразовывает его в видеосигнал определённой частоты и передаёт на принимающее устройство пилота, например, в шлем или очки. Передатчик отвечает за отправку видео, снятого камерой, на видеоприёмник. Это важнейший компонент, определяющий дальность и качество передачи видео (рис. 1).

Любой электронный компонент обладает рядом технических характеристик, на которые следует обращать внимание при выборе, это относится и к видеопередатчикам.

После выбора дрона стоит определить, какой формат видеопередачи вы планируете использовать:

- аналоговый;
- цифровой.

Аналоговая видеопередача – основа FPV-полётов, именно работа данной системы позволила пользователям получать изображение с дрона в

режиме реального времени. Она отличается высокой скоростью передачи, а также большой дальностью.

Аналоговые системы FPV уже многие годы составляют основу сообщества FPV. Они работают, передавая непрерывные волновые сигналы, предлагая возможность полёта в реальном времени.

Традиционно используется аналоговая передача данных в диапазоне 5,8 ГГц. Речь идёт о самом обычном ламповом телевизионном сигнале в стандарте PAL или NTSC. Стандарт диктует не передатчик, а камера.

Аналоговый сигнал весьма ограничен в качестве. Стандарт PAL имеет 576 телевизионных линий, а NTSC и того меньше. То есть видео, которое передаётся, с трудом дотягивает по разрешению даже до обычного VGA 640×480. И неважно, какое разрешение может выдавать камера, так как стандарт телевизионного сигнала всё равно не может выдать больше. Кроме того, такой сигнал практически никогда не бывает чистым. В нём содержатся помехи, которые увеличиваются по мере удаления от передатчика.

Единственное его достоинство – очень маленькая задержка и аналоговая картинка, которая не пропадает от помех, а только зашумляется. Даже с самыми сильными помехами удаётся что-то разглядеть, и это может спасти.

Плюсы:

- доступность (аналоговые системы, как правило, дешевле);
- низкая задержка (крайне важна для таких приложений, как гонки дронов);

- широкая совместимость с разнообразным оборудованием разных производителей.

Минусы:

- низкое качество изображения (аналоговые сигналы имеют более низкое разрешение и подвержены помехам);
- ограниченные возможности (отсутствие расширенных функций, присущих цифровым системам) [1].

Цифровая видеопередача – переход на данный формат подарил пилотам возможность видеть красивую детализированную картинку сразу в очках.

Минус – её реакция на сложные условия работы. Картинка начинает тормозить либо просто пропадает, что исключает возможность принятия решения для улучшения ситуации.

Есть и цифровые протоколы, и это не обычная передача по Wi-Fi. Он обеспечивает низкую задержку, прекрасное качество изображения в HD, высокую дальность, отсутствие помех, но картинка просто исчезнет, когда дистанция станет слишком большой.

По сути, у этого набора только два недостатка: он завязан на экосистеме DJI и очень дорогой. Можно также добавить сравнительно большие габариты и вес камеры и передатчика.

Плюсы:

- высокое качество изображения (обеспечивает разрешение до 1080p);
- надёжный сигнал (лучше справляется с помехами, обеспечивая более стабильную подачу);
- интегрированная экосистема (DJI предлагает комплексное решение, включающее камеру, передатчик, приёмник и очки).

Минусы:

- более высокая стоимость, чем у аналоговых установок;
- закрытая экосистема, то есть ограниченная совместимость с оборудованием сторонних производителей.



Рис. 1. Видеопередатчик

В то время как цифровые системы, такие как DJI, HDZero и Walksnail Avatar, набирают популярность, аналоговые системы продолжают занимать значительное место в сообществе FPV. Доступность, низкая задержка и широкая совместимость аналоговых систем делают их жизнеспособным выбором, особенно для конкретных приложений, таких как гонки.

Если планируется снимать видео в радиусе 2–4 км, то предпочтительна цифровая видеопередача. Она позволит видеть любые препятствия на пути, а также видеть картинку, максимально приближённую к той, которую вы получите с экшн-камеры. Если необходимо летать на дальние расстояния (7 км и больше) – стоит присмотреться к аналоговой видеопередаче из-за отсутствия задержки [2].

Так как видеопередатчик выбирается для FPV-дрона, предназначенного для дальнего полета и видеосъёмки, мы будем рассматривать аналоговую видеопередачу. Рассмотрим 8 параметров, которые учитываются при выборе этого важного компонента для БПЛА FPV-типа.

### Выходная мощность

Выходная мощность – это определение, сколько энергии излучает видеопередатчик в процессе работы. Большая мощность означает хорошую дальность, но сопровождается «побочными эффектами»: создаются помехи другим пилотам, которые будут летать с вами.

Большинство видеопередатчиков имеют мощность:

- 25 mW – мощность для полётов в помещении;
- 200...400 mW – на этих мощностях увеличивается дальность полёта, и вы сможете высоко взлетать и отлетать на значительные расстояния;
- 600 mW и более – мощности, которые используются для дальних полётов.

Все современные видеопередатчики имеют возможность регулировать выходную мощность сигнала, что позволяет удобно использовать дрон в помещении, выставив ему мощность в 25 mW, и на улице на дальние дистанции – на 200 или 400 mW. Более высокая мощность приводит к увеличению дальности действия,

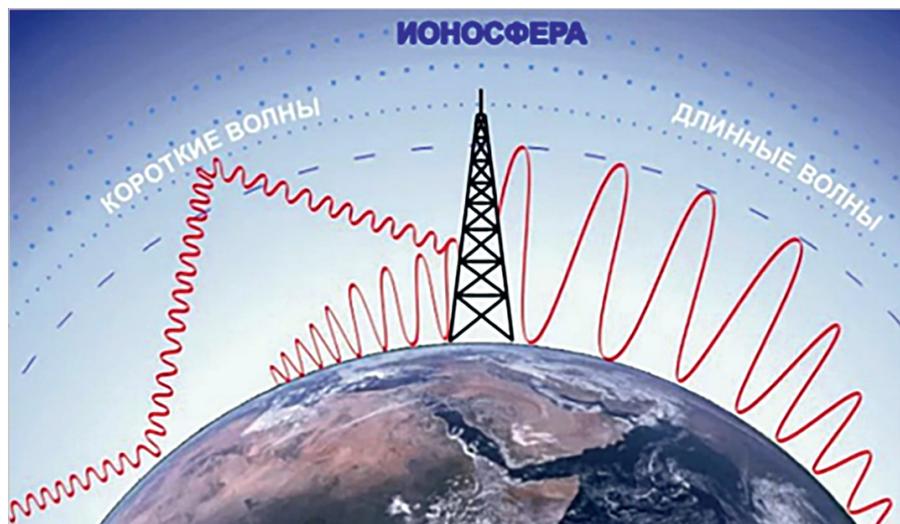


Рис. 2. Волны работы видеопередатчиков

но потребляет больше заряда батареи и может увеличить помехи.

Передатчики бывают разных размеров и разной мощности. Есть зависимость между размером и мощностью, так как все видеопередатчики нагреваются при работе, и чем больше мощность, тем сильнее нагрев. Маленький передатчик просто расплавится от большой мощности. Поэтому мощность маленьких передатчиков составляет от 25 до 100 милливатт.

Передатчики побольше выдают 200–1200 милливатт и, наконец, большие передатчики имеют мощность до 2–3 ватт и борются с нагревом при помощи радиаторов и даже кулеров.

Для FPV-полётов на 500 метров хватает 25–200 мВт (в зависимости от чистоты эфира и наличия препятствий), а если надо летать на 2–3 км, то 600–800 мВт. Дальше – больше. Но мощность тут не главное, так как большую роль играют хорошие антенны. А с плохими антеннами любая мощность будет лишь нагревать воздух без пользы [3].

### Диапазон беспроводного сигнала

Общие частоты включают 5,8 ГГц (самый популярный), 2,4 ГГц и 1,3 ГГц, каждый со своим диапазоном и возможностями проникновения.

На практике большинство видеопередатчиков работают на частоте 5,8 ГГц. Это означает, что передатчик будет работать на короткой (низкой) волне (рис. 2).

Как правило, это означает, что вы будете видеть самую чёткую картинку с минимумом помех. Но есть и обрат-

ная сторона: так как волна короткая, то и огибающая способность сигнала будет меньше, а значит, если улететь за большие препятствия, то будут помехи или вообще потеря связи – это первый момент.

Второй момент: все пилоты используют аппаратуру управления, которая работает на частоте 2,4 ГГц, а значит, частоту 2,4 ГГц нельзя использовать для видео, так как она уже занята управлением. Также, если для видео использовать частоту ниже 2,4 ГГц, будут создаваться помехи для сигнала управления.

Третий момент: у диапазонов с длинной волной (1,3 ГГц и ниже) очень большие и тяжёлые антенны, поэтому их почти никто и не использует.

Где используются частоты 1,3 МГц, 900 МГц и 433 МГц? Такие частоты применяют для использования квадрокоптеров и самолетов дальнего радиуса действия, а также специальных устройств, например, TBS Crossfire. Благодаря использованию низких частот значительно увеличивается диапазон, так как сигнал с длинными волнами хорошо проходит через препятствия, такие как деревья, постройки и т.д.

Видео, которое передаётся по такой частоте, значительно хуже по качеству, чем на более высоких частотах. Это обусловлено тем, что такая частота несёт в себе меньше данных.

### Количество каналов

Канал видеопередатчика – это часть одной и той же частоты, но поделённая на равные промежутки этой частоты, чтобы была возможность использовать их другим пило-



Рис. 3. Варианты разъёмов антенн



Рис. 4. IPX-разъём для антенны



Рис. 5. Вид микрофона на видеопередатчике

Таблица 1. Перечень видеопередатчиков

№	Название	Мощность (мВт)	Диапазон сигнала	Количество каналов	Размер и вес	Разъём для антенны	Микрофон	Корпус	Напряжение	Стоимость (руб.)
1	VT5804 Q1	800	5,8	16	36×36×5,5 мм, 9 г	MMCX	-	+	2-6 В	2964
2	Foxxer 6G Reaper Extr eme	2500	5,8	40	36×27,5×8 мм, 13 г	MMCX	+	+	9-36 В	6451
3	XDRC 2.0W	2000	5,8	64	36×36×10 мм, 13,5 г	MMCX	-	-	2-8 В	1997
4	LST 3,3G 3W VTX VRX	3000	3,3	16	37,7×36,1×11 мм, 16 г	SMA	+	+	6-36 В	11 997
5	BANGSHE	500	2,4	8	55×26×17 мм, 82 г	SMA	-	+	6,5-12 В	3396
6	EWRF TS5823	600	5,8	40	30×20×8 мм, 13 г	RP-SMA	-	+	7-24 В	2125
7	XDRC VTX	1000	5,8	48	30×26×6 мм, 32 г	IPEX	-	-	2-4 В	2189
8	Cyclone XF5804 PRO	600	5,8	40	36×36×5 мм, 6 г	MMCX VTX	-	-	7-24 В	3469
9	GEPRC RAD VTX	1600	5,8	40	36,5×36,5×5,5 мм, 9,7 г	MMCX	+	-	7-36 В	7148
10	BETA FPV M03 VTX	350	5,8	48	18×14×3 мм, 1,1 г	IPX	-	-	4,5-5,5 В	4436
11	RUSHFPV TANK TINY	350	5,8	48	17×12,5×4,5 мм, 1,3 г	IPEX (UFL)	-	-	5 В	4721
12	RUSHFPV TANK ULTIMATE PLUS	800	5,8	48	33,6×22,8×4,1 мм, 6,66 г	MMCX-SMA	-	+	7-36 В	5321
13	DarwinFPV TX805P	800	5,8	40	30×35×5 мм, 6,3 г	MMCX	-	-	7-24 В	3132
14	DarwinFPV VT5804	400	5,8	40	36×36×5 мм, 3 г	IPX_E	-	-	6-26 В	3757
15	DarwinFPV HULK VTX	600	5,8	40	37,6×37,6×6,6 мм, 15,9 г	MMCX	-	+	7-30 В	4493
16	GEPRC RAD Tiny	400	5,8	48	18,5×14×5 мм, 1,1 г	UFL	-	-	5 В	3258
17	Foxxer Reaper Extreme V2	2500	5,8	72	36×27,5×8 мм, 13 г	MMCX	+	+	7-36 В	9007
18	RUSHFPV TANK SOLO	800	5,8	48	24×37×6,7 мм, 12 г	MMCX-SMA	+	+	7-36 В	7320
19	RUSHFPV TANK II ULTIMATE	800	5,8	48	36×36×4,5 мм, 6,8 г	MMCX-SMA	-	+	7-36 В	5419
20	Foxxer Reaper Infinity	5000	5,8	40	41×20×17 мм, 58 г	SMA	-	+	9-36 В	18 668
21	DarwinFPV CineApe	600	5,8	40	28×15×10 мм, 3,5 г	-	-	-	5 В	3052
22	Walksnail Avatar Mini 1S	500	5,8	8	30×30×6,5 мм, 5,1 г	IPEX	+	-	3,1-5 В	10 625
23	GEPRC RAD VTX	2500	5,8	40	36,5×36,5×12 мм, 15 г	MMCX	+	-	7-36 В	9211
24	GEPRC MATEN VTX	2000	1,2	9	36,4×36,4×7,4 мм, 14,5 г	MMCX	-	+	7-36 В	9354
25	TBS Unify Pro32 HV	1000	5,8	16	37×25×5,8 мм, 8,7 г	MMCX	+	+	6-25 В	7584
26	GEPRC RAD MINI VTX	1000	5,8	40	30,8×30,8×30,8 мм, 8,4 г	UFL	+	+	7-28 В	7012
27	GEPRC RAD Whoop VTX	400	5,8	40	25,5×25,5×26,5 мм, 2 г	UFL	-	-	5 В	3115

Таблица 2. Перечень оставшихся видеопередатчиков

Название	Мощность	Диапазон сигнала	Количество каналов	Размер	Вес	Разъём для антенны	Микрофон	Корпус	Напряжение	Стоимость (руб.)
FoXeer 6G Reaper Extreme	2500	5,8	40	36×27×8 мм	13 г	MMCX	+	+	9–36 В	6451
GEPRC RAD VTX 1,6	1600	5,8	40	36,5×36,5×5,5 мм	9,7 г	MMCX	+	–	7–36 В	7148
FoXeer Reaper Extreme V2	2500	5,8	72	36×27,5×8 мм	13 г	MMCX	+	+	7–36 В	9007
RUSHFPV TANK SOLO	800	5,8	48	24×37×6,7 мм	12 г	MMCX - SMA	+	+	7–36 В	7320
RUSHFPV TANK II ULTIMATE	800	5,8	48	36×36×4,5 мм	6,8 г	MMCX - SMA	–	+	7–36 В	5419
GEPRC RAD VTX 2,5	2500	5,8	40	36,5×36,5×12 мм	15 г	MMCX	+	–	7–36 В	9211

Таблица 3. Сравнение значимостей показателей (критериев)

Критерий – выбор ПК	Выходная мощность	Количество каналов	Встроенный микрофон	Корпус	Стоимость	Вектор приоритетов
Выходная мощность	1	2	3	4	5	0,417
Количество каналов	1/2	1	2	3	4	0,263
Встроенный микрофон	1/3	1/2	1	2	3	0,160
Корпус	1/4	1/3	1/2	1	2	0,097
Стоимость	1/5	1/4	1/3	1/2	1	0,061

там, в итоге на гонках могут летать сразу 40 и более пилотов, при этом каждый будет использовать частоту 5,8 ГГц, но у каждого будет своя часть сигнала. Канал в большинстве видеопередатчиков отображается на маленьком экране. Большее количество каналов обеспечивает гибкость в густонаселённых средах.

Передатчик можно настроить на какой-то канал, и чтобы принимать с него изображение, приёмник должен быть настроен на тот же канал. Передатчики поддерживают примерно от 32 до 48 каналов. В целом это не так важно, если вам не требуется наличие какого-то специфического канала и вы не летаете в больших группах.

Каналы состоят из двух компонент: это полоса (Band) и собственно канал (Channel). Полоса обозначается буквами A, B, D, E, F, R, а каналы цифрами от 1 до 8. То есть полный идентификатор канала – это A8, или E3, или R1 и т.д. Каждому каналу соответствует своя частота, например, A4 – это 5805 МГц.

### Размер и вес

Размер определяется наличием свободного места в раме, как это написано выше, и часто производители делают не очень компактные видеопередатчики, поэтому срав-

нивайте размеры с местом, которое есть в вашей раме. Вес тоже имеет значение, и чем он меньше, тем лучше [4].

### Разъём для антенны

Разъёмов для антенн много (рис. 3, 4), но самые популярные – это:

- SMA;
- UFL (IPX);
- MMCX.

Они отличаются размером и прочностью. IPX целесообразен только на передатчиках формата «нано».

### Встроенный микрофон

На многих видеопередатчиках стали устанавливать микрофоны, они используются для того, чтобы слышать звук работы двигателей. Никакого звука, кроме ветра и пропеллеров, не слышно, но именно эти звуки позволяют понять, что происходит с коптером (рис. 5).

### Корпус

Большинство видеопередатчиков просто обтянуты термоусадкой и ничем не защищены, потому что обычно расположены внутри корпуса рамы. Если вам нужна дополнительная защита, то продаются видеопередатчики в алюминиевом или пластиковом корпусах, но они тяжелее.

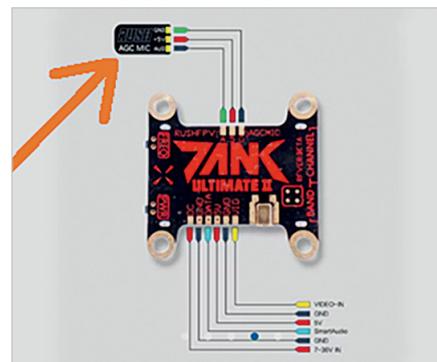


Рис. 6. Схема подключения видеопередатчика под номером 19

### Напряжение

Некоторые видеопередатчики требуют определённый диапазон напряжения, поэтому при выборе учитывайте этот параметр. Например, многие видеопередатчики имеют большой диапазон входного напряжения: от 7 до 24 В, поэтому можно не беспокоиться и использовать в качестве источника питания прямое соединение с аккумулятором LiPo 2-6S.

На плате разводки питания есть контакты с 5 В, но на 5 В работать видеопередатчик FPV не будет, так как это очень ресурсоёмкий компонент, требующий большого напряжения. Видеопередатчики могут работать в большом диапазоне напряжений и поэтому подключаются напрямую к батарейному напряжению (VBAT) и, кроме того, могут нести на себе преобразователи напряжения на 5 В, от которых можно питать, допустим, камеру. При этом данные преобразователи могут давать более качественное питание (чистое от помех), чем такой же преобразователь на полётном контроллере. Но могут и не давать. Маленькие передатчики часто питаются только от 5 вольт [5].

Для более наглядного выбора и сравнения видеопередатчиков мы

собрали данные по приведённым выше параметрам из разных источников и составили таблицу (табл. 1).

Изучив вышеизложенные параметры (критерии), начинаем проводить предварительный выбор полётного контроллера под наши условия и задачи методом исключения [6, 7].

1. Видеопередатчики с порядковыми номерами 5, 6, 8, 10, 11, 14, 15, 16, 21, 22, 27 нам не подходят под наши задачи, так как имеют недостаточную мощность для передачи изображения на большие расстояния.

2. Для дальнего полёта и видеосъёмки целесообразнее будет использовать диапазон беспроводного сигнала 5,8 ГГц. Соответственно в нашем перечне видеопередатчики с порядковыми номерами 4 и 24 нам не подходят, так как имеют другие диапазоны.

3. Видеопередатчики с небольшим количеством каналов не могут позволить выполнять полёты в густонаселённых районах, такими являются образцы под номерами 1 и 25.

4. Видеопередатчик с номером 26 нам не подходит, так как на нём установлен разъём для подключения антенны UFL, который является очень хрупким и имеет маленький ресурс.

5. Видеопередатчики с номерами 3, 7, 12, 13, 20 не имеют микрофонов. А при выполнении дальнего полёта этот компонент очень важен для определения состояния работы двигателей. Образец под номером 19 имеет возможность подключения микрофона (рис. 6).

Такие параметры, как диапазон беспроводного сигнала, размер, вес, разъём для антенны, напряжение у оставшихся видеопередатчиков мы рассматривать не будем, так как данные параметры имеют равные значения. Оставшиеся видеопередатчики приведены в табл. 2.

После предварительного сравнительного анализа параметров осталось шесть вариантов видеопередатчиков, далее выбор будет осуществляться методом анализа иерархий.

Для рассматриваемого случая, а именно FPV-дрона, предназначенного для дальнего полёта и видеосъёмки, необходима, в первую очередь, высокая выходная мощность. Таким образом, выходная мощность

Таблица 4. Сравнение видеопередатчиков по показателю (критерию) «выходная мощность»

Критерий – выходная мощность	Foxeer 6G Reaper Extreme	GEPRC RAD VTX 1,6 Вт	Foxeer Reaper Extreme	RUSHFPV TANK SOLO	RUSHFPV TANK II ULTIMATE	GEPRC RAD VTX 2,5 Вт	Вектор приоритетов
Foxeer 6G Reaper Extreme	1	2	1	4	4	1	0,250
GEPRC RAD VTX 1,6	1/2	1	1/2	2	2	1/2	0,125
Foxeer Reaper Extreme V2	1	2	1	4	4	1	0,250
RUSHFPV TANK SOLO	1/4	1/2	1/4	1	1	1/4	0,062
RUSHFPV TANK II ULTIMATE	1/4	1/2	1/4	1	1	1/4	0,062
GEPRC RAD VTX 2,5	1	2	1	4	4	1	0,250

Таблица 5. Сравнение видеопередатчиков по показателю (критерию) «количество каналов»

Критерий – количество каналов	Foxeer 6G Reaper Extreme	GEPRC RAD VTX	Foxeer Reaper Extreme V2	RUSHFPV TANK SOLO	RUSHFPV TANK II ULTIMATE	GEPRC RAD VTX	Вектор приоритетов
Foxeer 6G Reaper Extreme	1	1	1/3	1/2	1/2	1	0,098
GEPRC RAD VTX 1,6	1	1	1/3	1/2	1/2	1	0,098
Foxeer Reaper Extreme	3	3	1	2	2	3	0,326
RUSHFPV TANK SOLO	2	2	1/2	1	1	2	0,188
RUSHFPV TANK II ULTIMATE	2	2	1/2	1	1	2	0,188
GEPRC RAD VTX 2,5	1	1	1/3	1/2	1/2	1	0,098

Таблица 6. Сравнение видеопередатчиков по показателю (критерию) «корпус»

Критерий – корпус	Foxeer 6G Reaper Extreme	GEPRC RAD VTX 1,6 Вт	Foxeer Reaper Extreme V2 2,5 Вт	RUSHFPV TANK SOLO	RUSHFPV TANK II ULTIMATE	GEPRC RAD VTX 2,5 Вт	Вектор приоритетов
Foxeer 6G Reaper Extreme	1	2	1	1	1	2	0,2
GEPRC RAD VTX 1,6	1/2	1	1/2	1/2	1/2	1	0,1
Foxeer Reaper Extreme V2	1	2	1	1	1	2	0,2
RUSHFPV TANK SOLO	1	2	1	1	1	2	0,2
RUSHFPV TANK II ULTIMATE	1	2	1	1	1	2	0,2
GEPRC RAD VTX 2,5	1/2	1	1/2	1/2	1/2	1	0,1

в нём имеет максимальную значимость относительно других критериев (табл. 3).

В результате присвоения значимостей и последующего сравнения показателя (критерии) расположились следующим образом (в порядке убывания).

1. Выходная мощность.
2. Количество каналов.
3. Корпус.
4. Встроенный микрофон.
5. Стоимость.

Следующими этапами идёт сравнение видеопередатчиков по каж-

дому критерию. В данном случае мы сравниваем по выходной мощности. Так как видеопередатчик выбирается для FPV-дрона, предназначенного для дальнего полёта, нам необходима высокая выходная мощность для передачи изображения на дальние расстояния, поэтому значимость будет больше у тех видеопередатчиков, у которых выше выходная мощность (табл. 4).

В случае выполнения полётов в густонаселённом районе или при полётах группами необходимо большее количество каналов, чтобы не

Таблица 7. Сравнение видеопередатчиков по показателю (критерию) «встроенный микрофон»

Критерий – встроенный микрофон	Foxeer 6G Reaper Extreme	GEPRC RAD VTX	Foxeer Reaper Extreme	RUSHFPV TANK SOLO	RUSHFPV TANK II ULTIMATE	GEPRC RAD VTX	Вектор приоритетов
Foxeer 6G Reaper Extreme	1	1	1	1	4	1	0,190
GEPRC RAD VTX 1,6	1	1	1	1	4	1	0,190
Foxeer Reaper Extreme V2	1	1	1	1	4	1	0,190
RUSHFPV TANK SOLO	1	1	1	1	4	1	0,190
RUSHFPV TANK II ULTIMATE	1/4	1/4	1/4	1/4	1	1/4	0,047
GEPRC RAD VTX 2,5	1	1	1	1	4	1	0,190

Таблица 8. Сравнение видеопередатчиков по показателю (критерию) «стоимость»

Критерий – стоимость	Foxeer 6G Reaper Extreme	GEPRC RAD VTX	Foxeer Reaper Extreme V2	RUSHFPV TANK SOLO	RUSHFPV TANK II ULTIMATE	GEPRC RAD VTX	Вектор приоритетов
Foxeer 6G Reaper Extreme	1	2	3	2	1/2	3	0,227
GEPRC RAD VTX 1,6	1/2	1	2	1	1/3	2	0,131
Foxeer Reaper Extreme V2	1/3	1/2	1	1/2	1/4	1	0,073
RUSHFPV TANK SOLO	1/2	1	2	1	1/3	2	0,131
RUSHFPV TANK II ULTIMATE	2	3	4	3	1	4	0,361
GEPRC RAD VTX 2,5	1/3	1/2	1	1/2	1/4	1	0,073

Таблица 9. Приоритет видеопередатчиков по всем показателям (критериям) в порядке убывания

	Выходная мощность	Количество каналов	Корпус	Микрофон	Стоимость	Общие веса
Foxeer 6G Reaper Extreme	0,250	0,098	0,190	0,200	0,227	0,194
GEPRC RAD VTX 1,6	0,125	0,098	0,190	0,100	0,131	0,126
Foxeer Reaper Extreme V2	0,250	0,326	0,190	0,200	0,073	0,244
RUSHFPV TANK SOLO	0,062	0,188	0,190	0,200	0,131	0,133
RUSHFPV TANK II ULTIMATE	0,062	0,188	0,047	0,200	0,361	0,125
GEPRC RAD VTX 2,5	0,250	0,098	0,190	0,100	0,073	0,175

создавать друг другу помехи. Таким образом, значимость будет выше у передатчиков, у которых большее количество каналов (табл. 5).

Видеопередатчики, которые расположены в корпусе, имеют преимущество, так как при осуществлении полёта они более защищены от воздействия внешних факторов (табл. 6).

При выполнении дальнего полёта желательно иметь микрофон, чтобы слушать звук работы моторов, также по звуку можно определить их состояние. У видеопередатчиков, которые

имеют встроенный микрофон, значимость будет выше (табл. 7).

Видеопередатчики имеют разную стоимость, мы разбили их на 4 группы по причине небольшой разницы в стоимости (в двух группах по два полётных контроллера). Значимость присваивалась от более низкой стоимости к более высокой, то есть чем ниже стоимость видеопередатчика, тем большее значение ему присваивалось (табл. 8).

После сравнения видеопередатчиков по всем показателям (критериям) и согласно значениям векторов

приоритета получаем самые подходящие видеопередатчики в порядке убывания (табл. 9).

1. Foxeer Reaper Extreme V2.
2. Foxeer 6G Reaper Extreme.
3. GEPRC RAD VTX 1,6 Вт.
4. RUSHFPV TANK SOLO.
5. GEPRC RAD VTX 2,5 Вт.
6. RUSHFPV TANK II ULTIMATE.

В результате проведения анализа существующих видеопередатчиков на рынке, определения основных параметров, которые необходимо учитывать при выборе, мы определили оптимальный вариант видеопередатчика для беспилотных летательных аппаратов FPV-типа специального назначения.

### Список литературы

1. Видеопередатчик для квадрокоптера. URL: <https://profpv.ru/videoperedatchik-dlya-kvadrokoptera> (дата обращения: 01.10.2024).
2. Как выбрать систему передачи FPV в 2024 году: FPV-камера, VTX, VRX, очки DJI, HDZero, Walksnail. URL: <https://clck.ru/3EAvmx> (дата обращения: 01.10.2024).
3. Квадрокоптер в деталях. Видеопередатчик. 25.07.2022. URL: <https://dzen.ru/a/Yt7ISirWpm7rq5kO> (дата обращения: 01.10.2024).
4. FPV справочник. URL: [https://mydrone.ru/fpv-spravochnik/?srsltid=AfmBOopVZxTbwFYnrRQMRpsqmBLF4A90COpI\\_fVghe3sqOqgUNVf8AP#vtx](https://mydrone.ru/fpv-spravochnik/?srsltid=AfmBOopVZxTbwFYnrRQMRpsqmBLF4A90COpI_fVghe3sqOqgUNVf8AP#vtx) (дата обращения: 01.10.2024).
5. Компоненты для передачи видео FPV. URL: <https://mydrone.ru/kupit/fpv/komponenty/peredacha-video/?srsltid=AfmBOop9uVJ1Zlgef0qVYgZQ-TEUQdcgXhr0bPjCzf3saOZiPV7Txf> (дата обращения: 04.10.2024).
6. AliExpress. Видеопередатчики FPV. URL: <https://clck.ru/3EAw7N> (дата обращения: 04.10.2024).
7. OZON. FPV-передатчики. URL: [https://www.ozon.ru/category/fpv-peredatchik/?\\_\\_rr=1](https://www.ozon.ru/category/fpv-peredatchik/?__rr=1) (дата обращения: 04.10.2024).
8. Гуцыкова С.В. Метод экспертных оценок. Теория и практика. М.: Когито-Центр, 2011. 888 с.
9. Саати Т., Кернс К.М. Аналитическое планирование. Организация систем / пер. с англ. М.: Радио и связь, 1991. 224 с.

