

Руководство по эксплуатации

gtld-motion 0.3.36 build 71

Спектральный анализ движения и усиление вибраций по видео. Редакция от 24 сентября 2026 года.

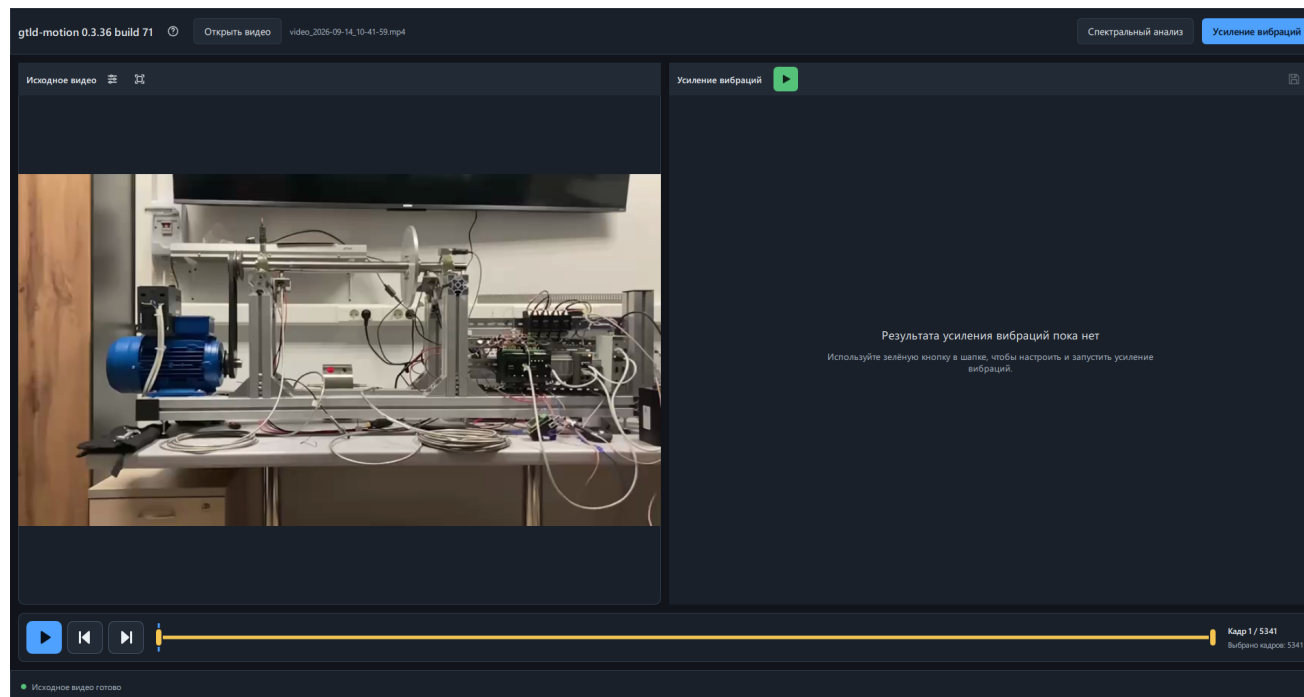
Это руководство показывает полный рабочий путь: открыть запись, задать частоту съёмки и область анализа, исследовать спектр и фазу, усилить выбранное движение и сохранить результат.

Иллюстрации получены из работающего приложения на записи

video_2026-09-14_10-41-59.mp4. Для основного примера приняты 240 кадров/с, весь кадр и все 5341 кадр. Значение частоты съёмки задаёт пользователь; оно не подтверждалось независимым измерением.

Два результата. Спектральный анализ даёт графики, таблицу и карты. Усиление вибраций создаёт обработанное видео. Первый помогает выбрать частоту, второй делает движение заметнее.

Навигация по руководству. Используйте закладки PDF. В правой части большинства страниц показан соответствующий участок интерфейса крупным планом.



Главное окно после открытия демонстрационного видео.

Установка и первое открытие

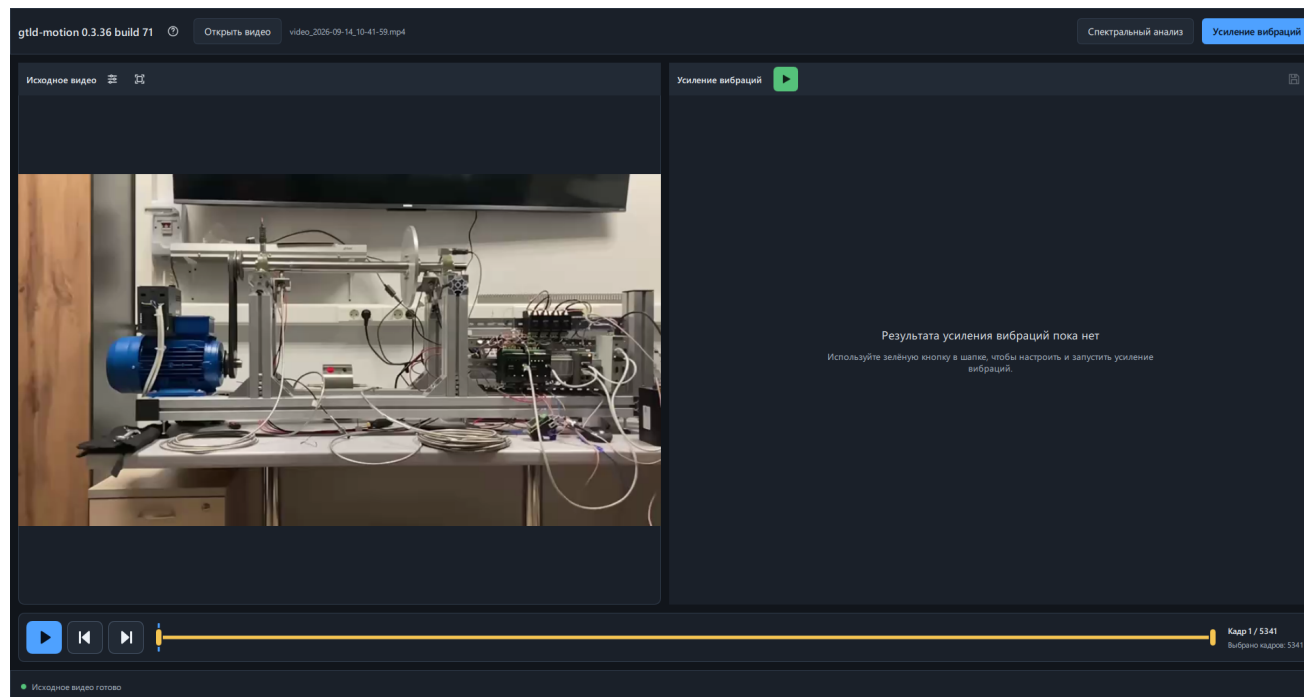
1. Запустите установщик Windows x64 и следуйте его указаниям. Установка может запросить права администратора. Поддерживается Windows 10 версии 1809 и новее, а также Windows 11.

2. Откройте gtld-motion через ярлык. Нажмите **Открыть видео** и выберите запись. Встроенный выбор файлов предлагает MP4, MOV и AVI; фактическая поддержка зависит от кодека.

3. Дождитесь сообщения **Исходное видео готово**. При открытии программа читает кадры и проверяет их временные метки. Это может занять время даже до запуска анализа.

4. Слева находится исходная запись. Верхние кнопки **Спектральный анализ** и **Усиление вибраций** переключают правую панель. Для запуска расчёта служит зелёная кнопка с треугольником рядом с названием панели.

Кнопки со знаком **i** содержат пояснения текущего раздела. Наведите указатель на значок, чтобы прочитать название его действия.



Общий вид. Нижняя панель управляет воспроизведением и выбранным фрагментом.

Частота съёмки и выбранный фрагмент

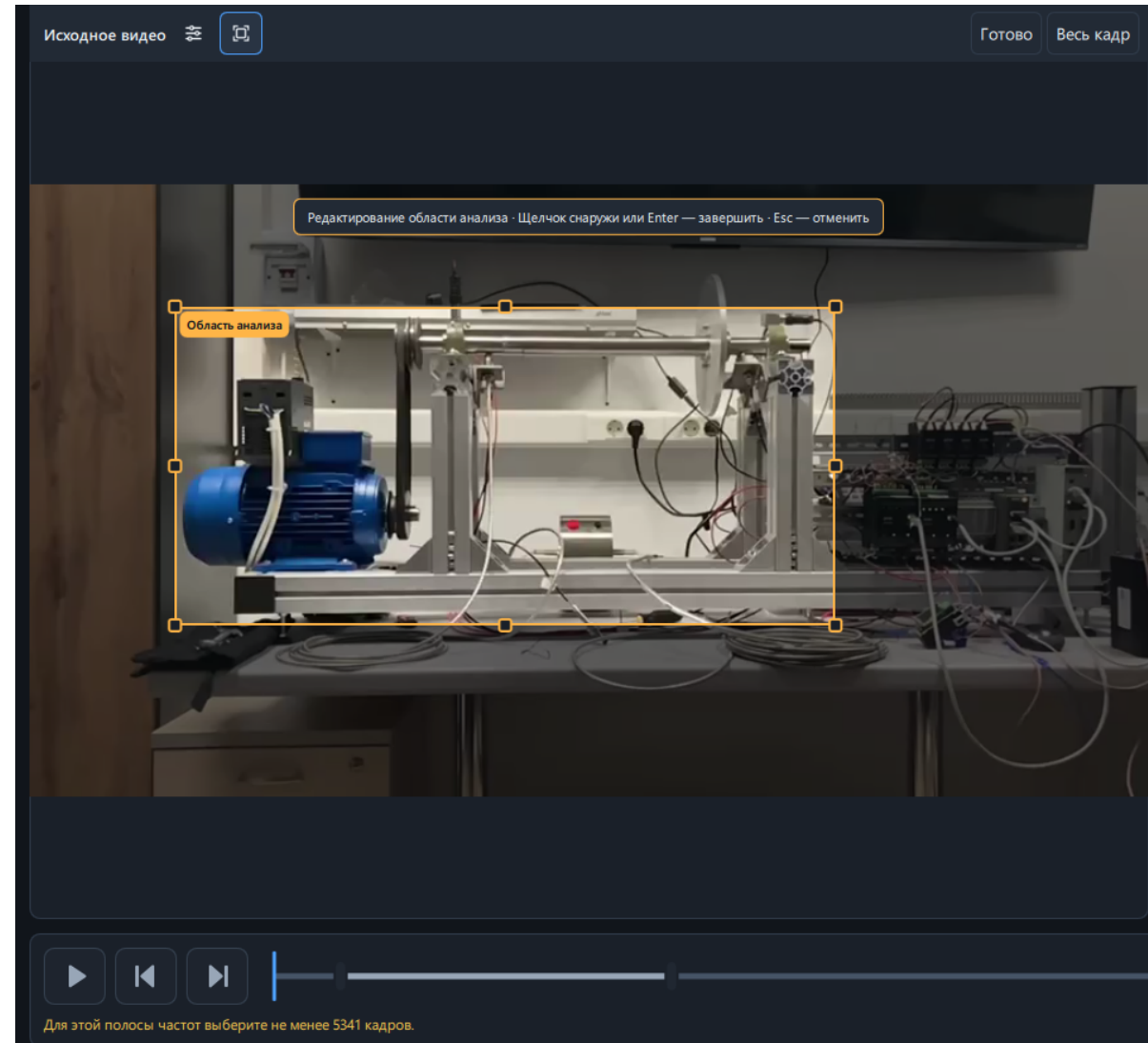
Частота съёмки означает, сколько кадров камера записывала за секунду реального события. У замедленного видео она может отличаться от частоты воспроизведения файла.

В примере файл воспроизводится примерно при 30 кадрах/с, а для расчёта задано **240 кадров/с**. Все 5341 кадр соответствуют примерно 22,25 с физического времени. Неверное значение пропорционально сдвигает найденные частоты.

На нижней шкале перемещайте жёлтые границы, чтобы выбрать нужный интервал. Кнопки воспроизведения и перехода к кадрам помогают просмотреть запись перед расчётом.

Для отдельного короткого примера далее выбраны **кадры 193-1152**: 960 кадров, или 4 с при 240 кадрах/с. Не сравнивайте его мощности напрямую с результатом всей записи.

При предупреждении о неравномерных интервалах между кадрами работа разрешена, но расчёт использует заданную равномерную временную сетку. Пропуски и переменная скорость записи могут исказить спектр.



Короткий пример: выбран фрагмент из 960 кадров и прямоугольная область.

Область анализа

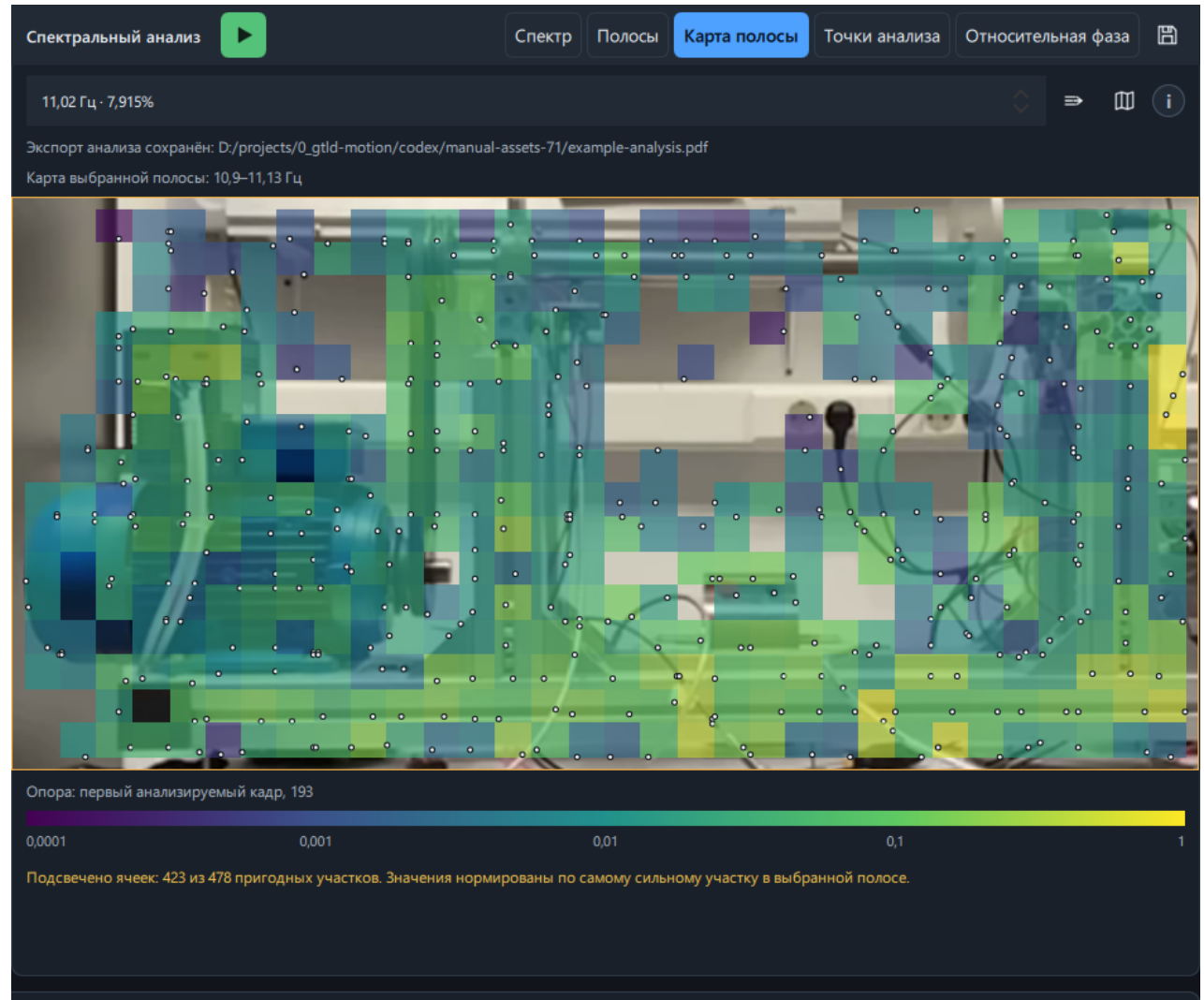
Нажмите значок выбора области в шапке **Исходного видео**. Выделите прямоугольник вокруг интересующей части изображения. Выбранная область общая для спектра и усилителя.

Оставляйте вокруг объекта видимые границы и детали. Гладкая однотонная поверхность может давать мало пригодных точек, даже если предмет заметно движется.

Предмет может занимать много ячеек сетки: это само по себе не ошибка. Ячейки исследуют локальные участки изображения. Слишком крупное движение, смаз и выход детали из участка могут ухудшать пригодность сигнала.

После изменения области или временного фрагмента пересчитайте спектр. Предыдущие результаты относятся к старым настройкам.

В **Карте полосы**, **Точках анализа** и **Относительной фазе** показывается выбранная область крупным планом. Колесо мыши меняет масштаб, перетаскивание с зажатой ЛКМ сдвигает изображение, двойной щелчок сбрасывает масштаб. Наложения масштабируются вместе с кадром.



Карта короткого примера показывает только выбранную область, а не весь исходный кадр.

Расчёт спектра

1. Переключитесь в **Спектральный анализ** и нажмите зелёную кнопку запуска.
2. Укажите частоту съёмки. Выберите плотность точек. В основном примере используется **32 × 16**, то есть 512 точек. Фактическую сетку и ограничения по длине фрагмента показывает диалог.
3. В разделе **Вычислительные ресурсы** оставьте автоматический выбор или ограничьте число потоков. Большее число точек требует больше памяти; больше потоков не всегда даёт пропорциональное ускорение.
4. Нажмите **Рассчитать спектр**. Во время обработки показываются этап и процент выполнения. Кнопка запуска меняется на остановку; отмена может завершиться с небольшой задержкой.

До появления результата виды спектрального анализа скрыты. После расчёта становятся доступны спектр, полосы, карта, точки и относительная фаза.

Анализ спектра движения

Кадры 1–5341; область анализа: x=0.0%, y=0.0%, ширина=100.0%, высота=100.0%.

Частота съёмки

240,000 кадр/с

Плотность точек

32 × 16 (512 точек)

Фактическая сетка: 32 × 16 (512 точек), изображение анализа: 512 × 280 пикселей. Максимальный фрагмент для этой сетки: 16385 кадров.

Вычислительные ресурсы

Автоматически · 12 потоков

Выберите, сколько рабочих потоков может использовать спектральный анализ.

☒ Автоматически (рекомендуется)

Отмена Рассчитать спектр

Настройки основного примера: 240 кадров/с, 512 точек, автоматическое число потоков.

График спектра

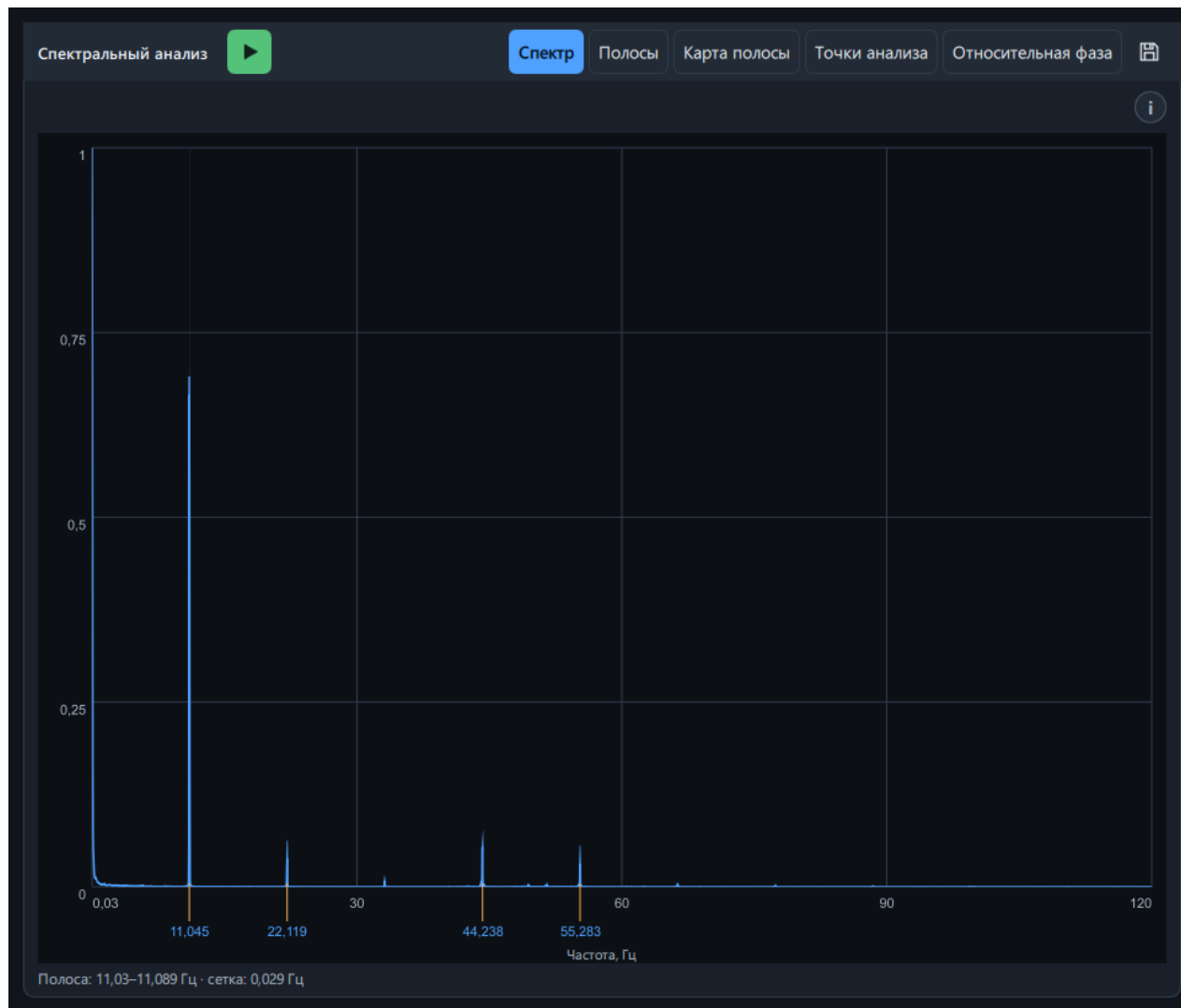
По горизонтали показана **частота в Гц**, по вертикали - относительная спектральная мощность. Пики указывают на периодические составляющие рассчитанного сигнала изображения.

В основном примере сильный кандидат расположен около **11,045 Гц**. Это результат обработки при принятых настройках, а не независимое подтверждение оборотов двигателя.

Выделите диапазон частот перетаскиванием ЛКМ. График автоматически увеличит выбранный участок. **Двойной щелчок** возвращает полный масштаб.

Щёлкните ПКМ по выделенной полосе, чтобы открыть команду передачи в усилитель. На графике подписываются частоты найденных кандидатов; близкие подписи разнесены для читаемости.

Малый шаг БПФ сам по себе не означает, что две очень близкие частоты различимы. Разрешение зависит от длины пригодного сигнала и используемого окна.



Спектр для всей записи и всего кадра. Высота пика и мощность полосы - разные показатели.

Таблица найденных полос

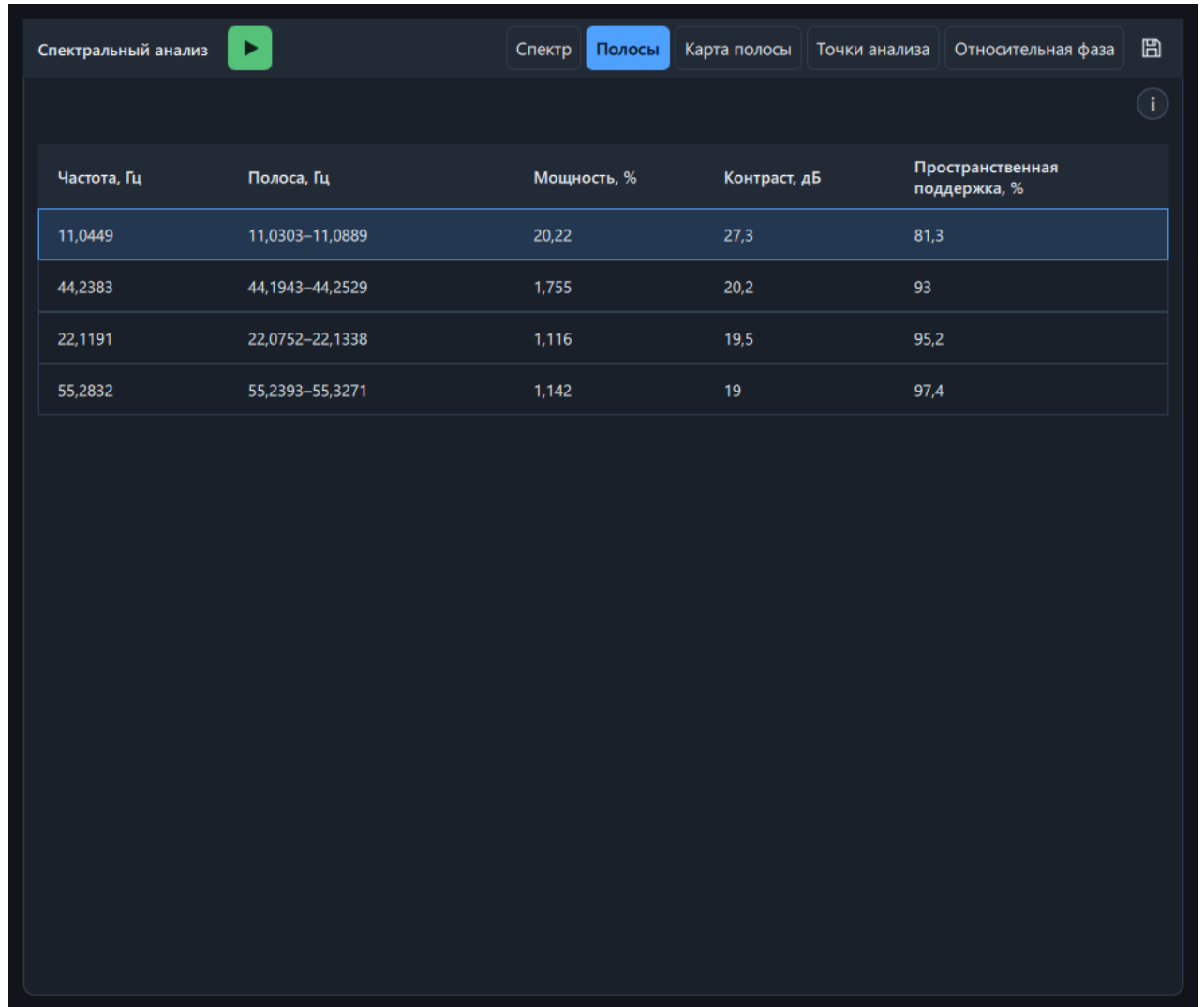
Откройте **Полосы**. Таблица содержит до 20 кандидатов. Не каждый видимый изгиб графика попадает в список: действуют критерии мощности, контраста и разделения соседних пиков.

Частота - положение пика. **Полоса** - предлагаемый интервал вокруг него. Щелчок по строке выбирает её для карты и относительной фазы; ПКМ открывает передачу в усилитель.

Мощность, % - доля суммарной спектральной мощности внутри полосы без нулевой частоты. Это не высота пика и не механическая мощность в ваттах. Полосы могут перекрываться.

Контраст, дБ сравнивает мощность пика с близлежащим фоном: 10 дБ - примерно в 10 раз выше, 20 дБ - в 100 раз. Это не уровень звука.

Пространственная поддержка - доля пригодных точек, в которых поддерживается этот пик. Это не процент площади изображения и не вероятность правильности.



Частота, Гц	Полоса, Гц	Мощность, %	Контраст, дБ	Пространственная поддержка, %
11,0449	11,0303–11,0889	20,22	27,3	81,3
44,2383	44,1943–44,2529	1,755	20,2	93
22,1191	22,0752–22,1338	1,116	19,5	95,2
55,2832	55,2393–55,3271	1,142	19	97,4

В основном примере найдено четыре полосы. Доля мощности полосы 11,045 Гц составляет около 20,22 %.

Карта мощности выбранной полосы

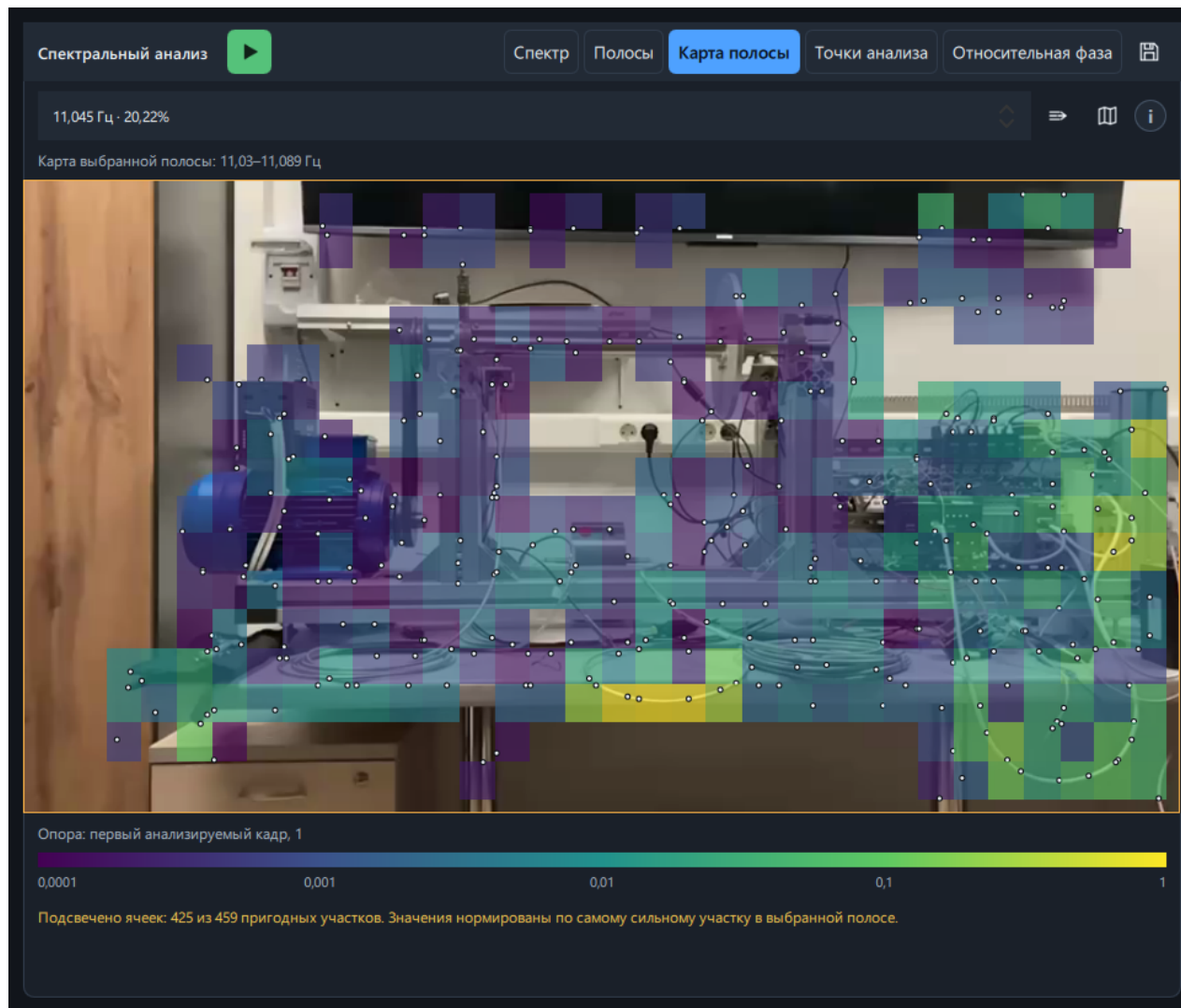
Откройте **Карта полосы**. В списке над кадром выберите частоту. В той же строке указана относительная мощность полосы; соседняя кнопка передаёт её в усилитель.

Цвет ячейки относится к сигналу одной точки, обозначенной маленьким кругом. Круг - фиксированное место анализа изображения, а не отслеживаемая частица.

Самая сильная пригодная точка этой полосы имеет значение **1**. Остальные значения нормированы относительно неё: фиолетовый слабее, жёлтый сильнее.

По умолчанию включена **логарифмическая шкала**. Она лучше показывает слабые различия. В настройках карты можно переключиться на линейную шкалу. Значения ниже **0,0001** скрыты.

Прозрачность означает отсутствие принятой оценки либо значение ниже порога отображения. Цвета отдельно нормируются в каждой полосе: одинаковый цвет на двух картах не означает одинаковую физическую амплитуду.



Наведите указатель на ячейку для локальной частоты и относительной мощности. Масштаб меняется колесом.

Точки анализа

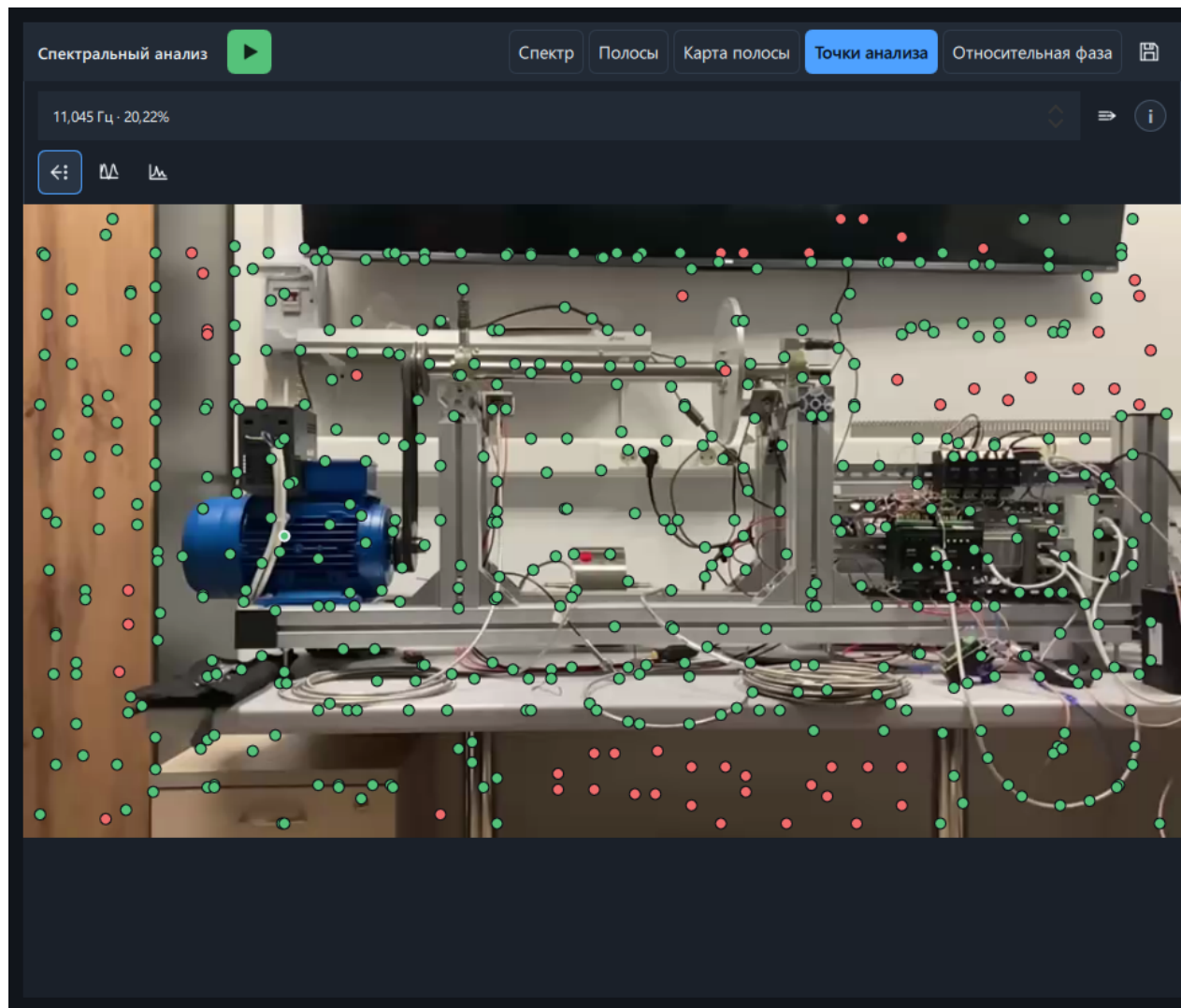
Откройте **Точки анализа** и нажмите точку непосредственно на кадре. Выпадающего списка точек нет.

Цвет точки помогает отличить пригодный сигнал от отклонённого. Для выбранной точки доступны сведения о доле пригодных отсчётов, разрывах и причинах потерь.

После выбора используйте значки под списком полос: точки на кадре, временной сигнал, локальный спектр. Название выбранного представления появляется рядом.

В примере выбрана **точка 264** около двигателя. Её сигнал пригоден на всём непрерывном интервале основного примера.

Выбор полосы здесь не фильтрует временной сигнал и локальный спектр: эти представления показывают доступные данные точки. Для фазового сравнения используется отдельный раздел.



Выбор производится щелчком на кадре. Перетаскивание увеличенного кадра не выбирает точку.

Временной сигнал точки

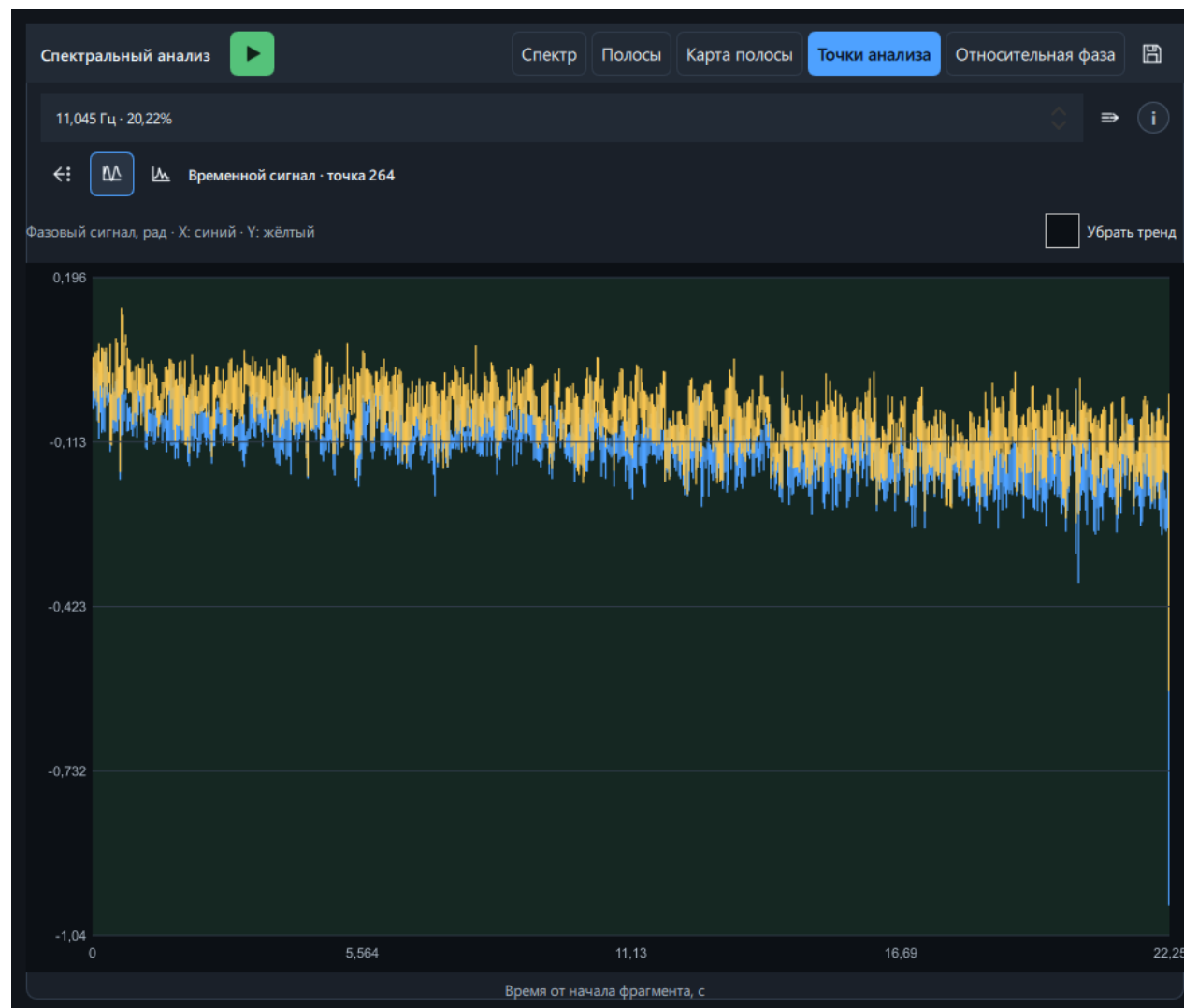
Переключитесь на значок временного сигнала. По горизонтали - секунды, по вертикали - фаза изображения в радианах. Компонента **X синяя**, **Y жёлтая**.

Это вычисленные сигналы изображения, а не перемещение объекта в миллиметрах. Их вид зависит от структуры и контраста локального участка.

Медленный наклон, мелкие колебания и резкие разрывы могут сосуществовать. Разрыв может быть связан с потерей пригодного сигнала или скачком фазы; его не следует автоматически трактовать как удар объекта.

Для подробного просмотра используйте колесо мыши; перетаскивание сдвигает временной диапазон. Двойной щелчок сбрасывает масштаб. Галка **Убрать тренд** вычитает медленный линейный наклон только на этом графике, не изменяя исходные данные.

Сопоставляйте сигнал с исходным кадром и локальным спектром. Гладкий внешний вид кривой сам по себе не подтверждает физическую точность.



Временной сигнал выбранной точки основного примера.

Локальный спектр точки

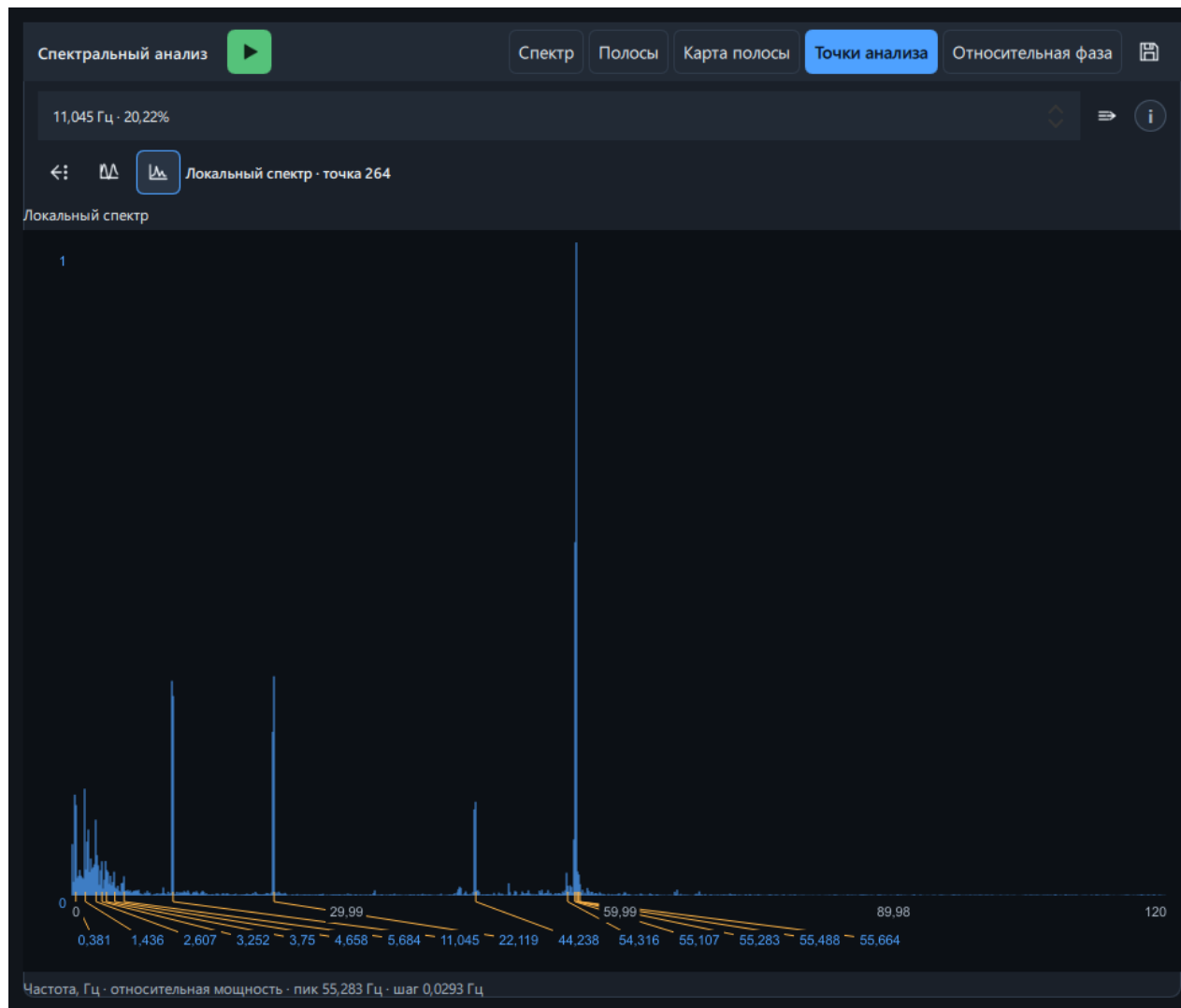
Откройте значок локального спектра после выбора точки. Это спектр её принятого непрерывного участка, а не усреднение всего изображения.

Мощность нормирована отдельно для точки: максимум равен 1. Сравните выраженные частоты с общим спектром. Сильный общий пик может относиться к другим частям сцены.

Если пригодный интервал короткий, различимость соседних частот ухудшается. Отсутствие локального пика не доказывает неподвижность детали.

При сомнениях выберите несколько точек на краях детали и на неподвижном фоне. Так проще заметить влияние освещения, движения камеры и плохого контраста.

Выбор другой точки перестраивает локальный спектр. Если нужная частота отсутствует, исследуйте соседние контрастные участки того же объекта.



Локальный спектр точки 264. Положение пиков сопоставляйте с общим спектром.

Относительная фаза

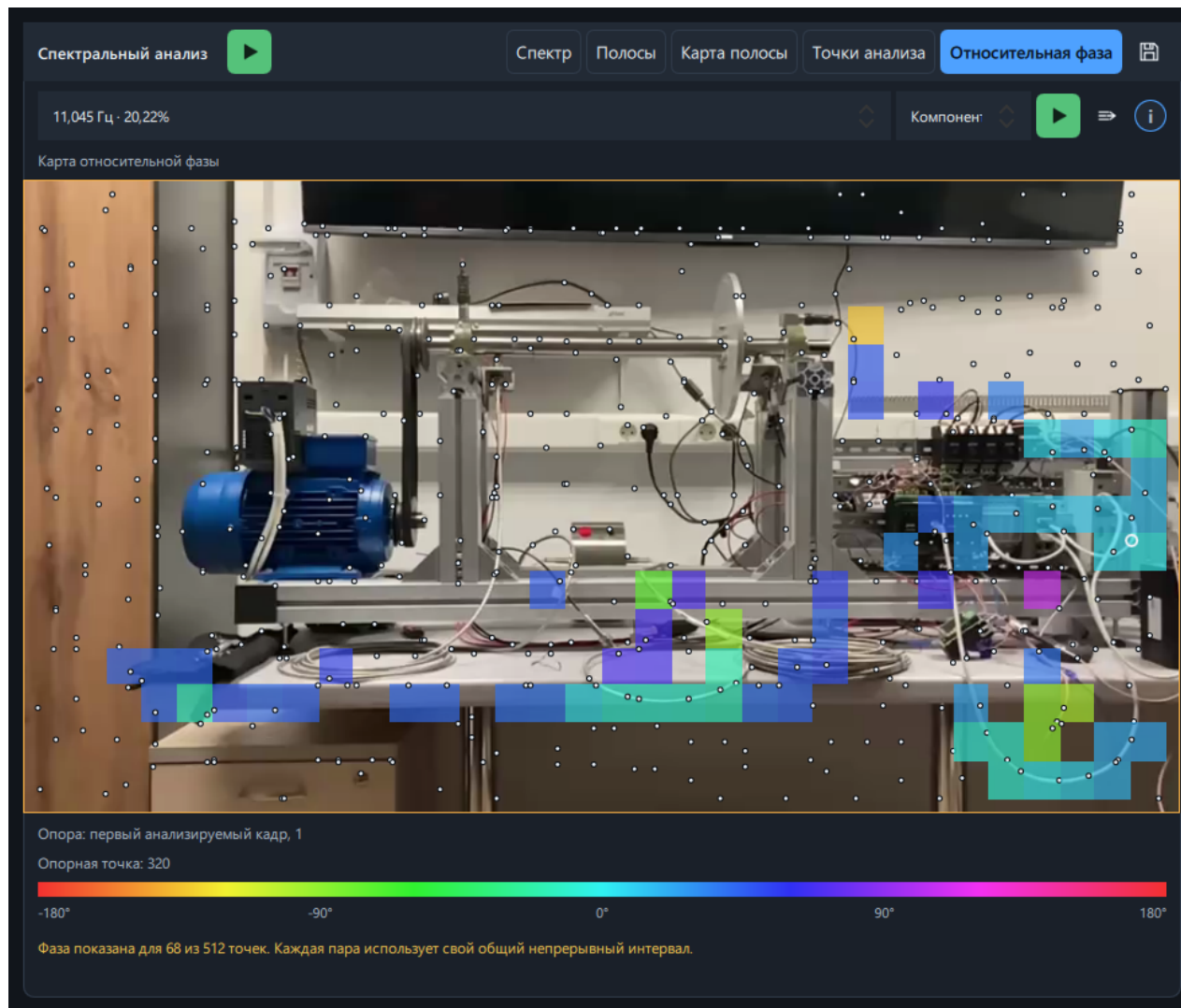
1. Откройте **Относительная фаза**. Выберите найденного кандидата в списке частот.

2. Выберите компоненту X или Y. Щёлкните по кадру, чтобы назначить опорную точку, затем нажмите зелёную кнопку расчёта.

3. Опора имеет нулевую фазу. Положительный угол означает опережение её сигнала, отрицательный - отставание. Значения -180° и $+180^\circ$ описывают одну и ту же разность фаз.

В основном примере при 11,045 Гц, компоненте Y и опорной **точке 320** программа приняла 68 из 512 оценок. Остальные ячейки прозрачны.

Смена частоты, оси или опоры требует нового расчёта. Фаза относится к сигналам изображения: совпадение фаз не доказывает совпадение направлений физического движения деталей.



Принятые оценки относительной фазы. Карта мощности и карта фазы решают разные задачи.

Когда оценка фазы не принимается

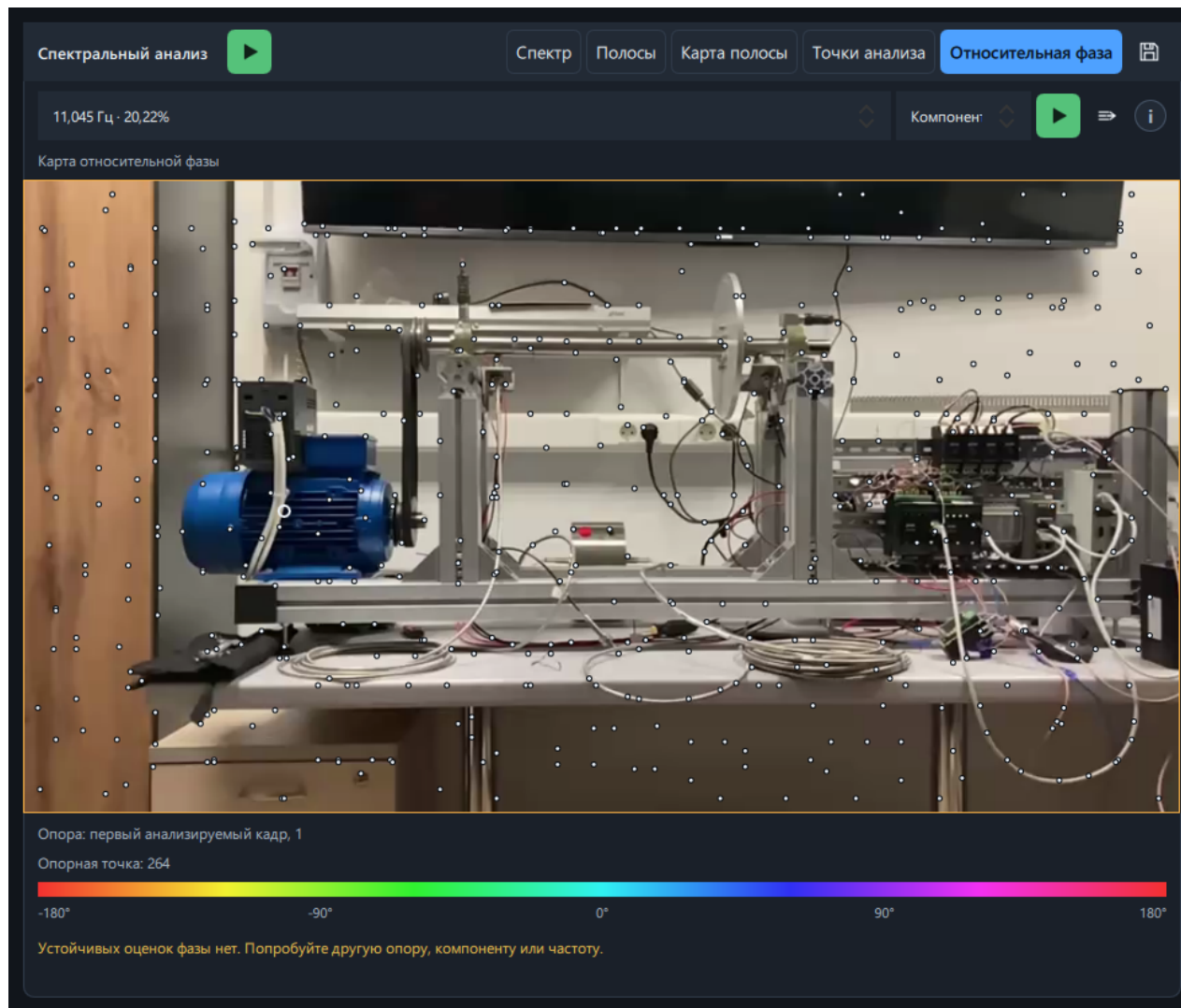
Сообщение **Устойчивых оценок фазы нет** означает, что выбранное сравнение не прошло критерии пригодности. Это возможный результат анализа, а не обязательный сбой программы.

В этом же видео опора в точке 264 не дала принятой карты ни для X, ни для Y. После выбора точки 320 и компоненты Y появились пригодные оценки.

Наведите указатель на ячейку и прочитайте причину. Возможны короткий общий интервал, слабая составляющая на выбранной частоте или нестабильная разность фаз.

Расчёт требует не менее 128 последовательных отсчётов, не менее четырёх периодов в каждой половине интервала, достаточной доли объяснённой энергии и изменения фазовой разности не более 30° между половинами.

Попробуйте другую точку с выраженным сигналом, другую компоненту или более подходящий фрагмент. Не меняйте настройки только ради получения цветной карты: проверяйте физический смысл выбора.



Пример отказа от неустойчивой оценки. Подробные объяснения открываются кнопкой i.

Передача полосы в усилитель

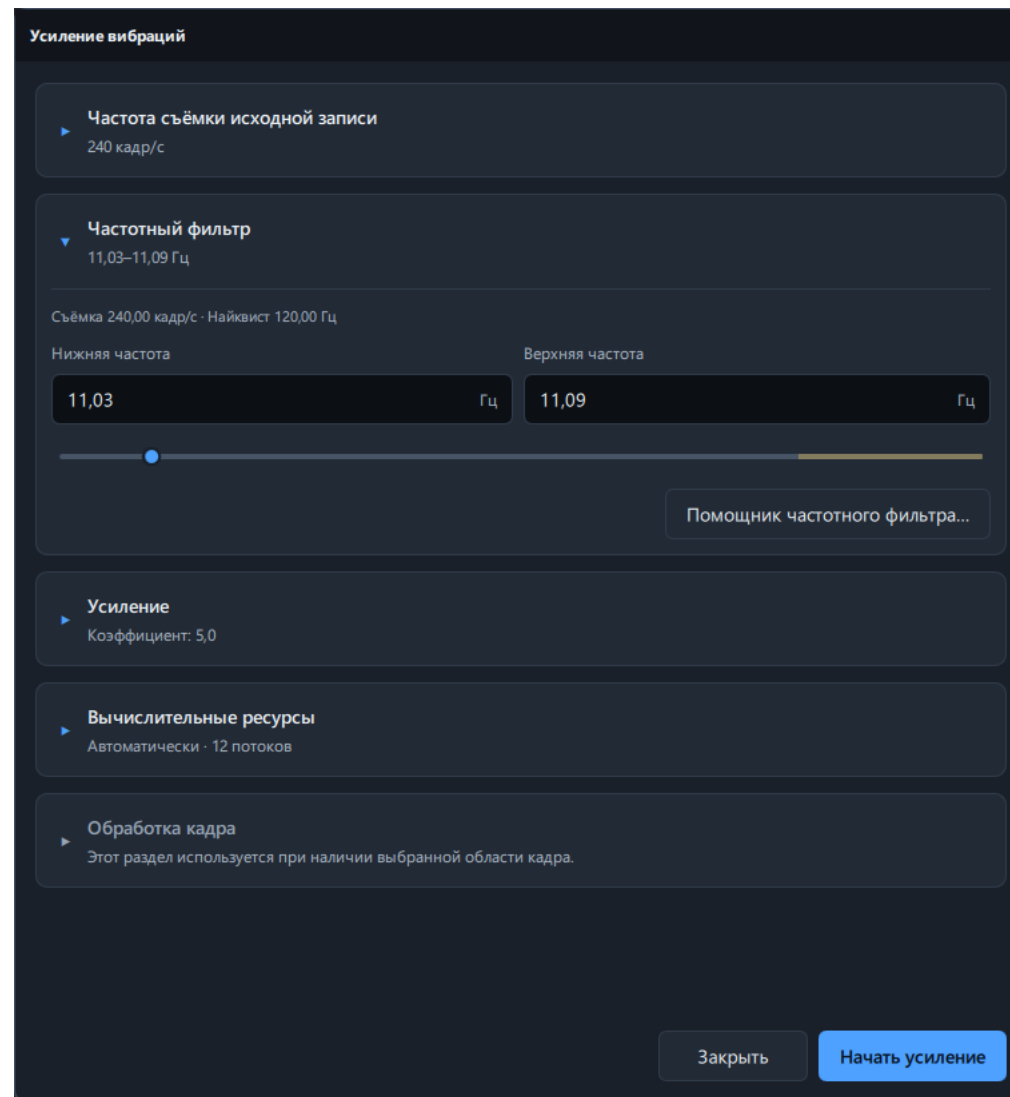
Выберите полосу на спектре, строку в таблице или кандидата в списке карты. Используйте команду **Применить в усилителе колебаний** в контекстном меню либо кнопку передачи возле списка.

Передача задаёт частотный фильтр, но не запускает обработку видео. Переключитесь в **Усиление вибраций** и нажмите зелёную кнопку.

Для очень узкого фильтра нужен достаточно длинный фрагмент. При переносе программа может немного расширить полосу и показывает сообщение с исходными и новыми границами.

В основном примере интервал 11,030273-11,088867 Гц расширен до **11,025949-11,093191 Гц** для 5341 кадра. Выделение на спектре осталось прежним.

Расширение может включить соседние колебания. При отказе переноса используйте более длинный фрагмент или осмысленно более широкую полосу. Число кадров нельзя компенсировать простым уменьшением шага БПФ.



Диалог усилителя после переноса узкой полосы из основного примера.

Настройка усиления и ресурсов

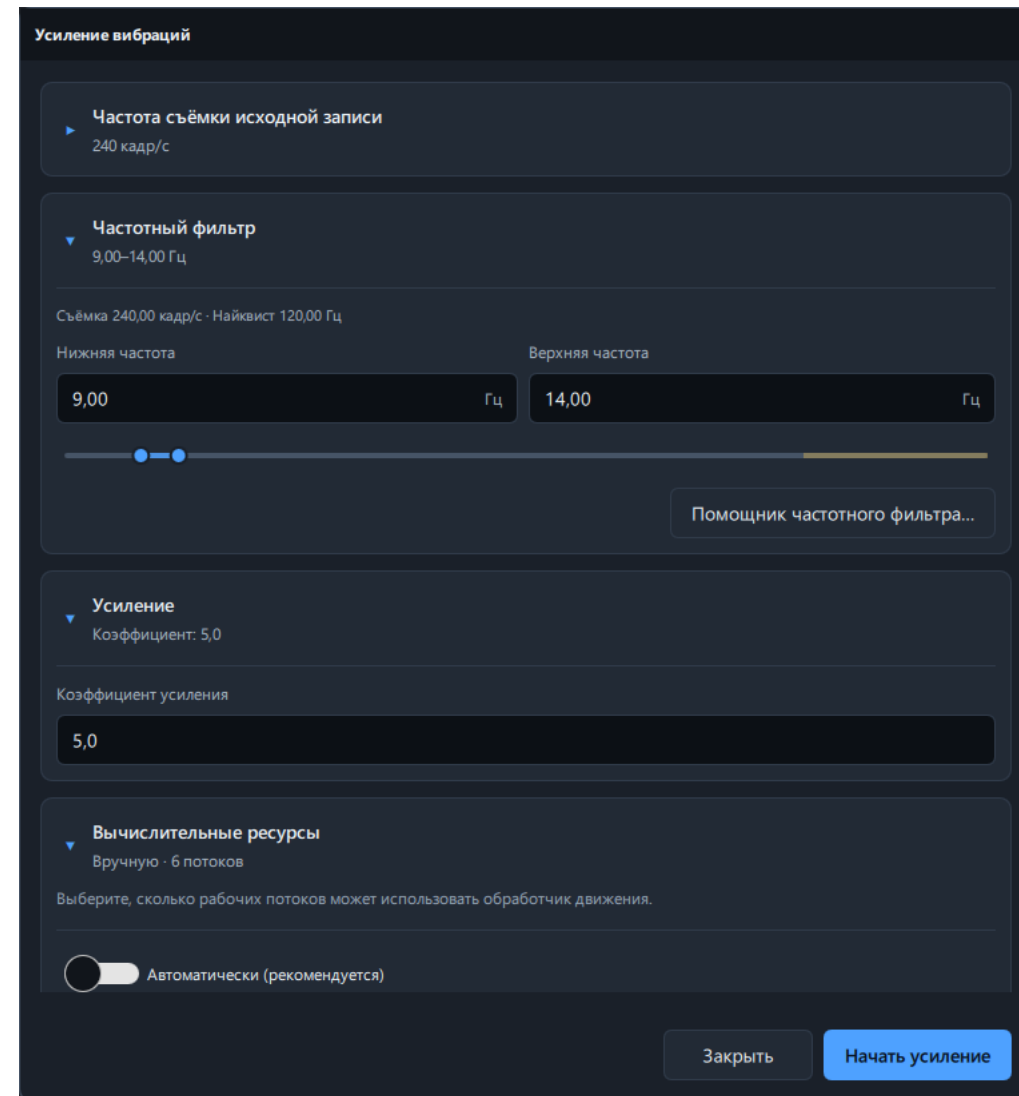
Раскройте **Частотный фильтр** и проверьте нижнюю и верхнюю границы. Верхняя граница должна быть ниже половины частоты съёмки.

В разделе **Усиление** задайте коэффициент. Начните с умеренного значения: чрезмерное усиление может вызывать искажения контуров и усиливать шум.

Для короткого примера использованы **9-14 Гц**, коэффициент **5, 6 рабочих потоков**, кадры 193-1152 и выделенная область. Это отдельный пример, а не автоматический перенос прежней узкой полосы.

Автоматический режим ресурсов использует доступное число потоков. Ручное ограничение полезно, если во время расчёта компьютер нужен для других задач.

Нажмите **Начать усиление**. Прогресс появится в правой панели; та же кнопка позволяет остановить обработку. Закрытие диалога без запуска возвращает прежние настройки.



Короткий пример настройки усилителя. Прокрутите диалог, чтобы увидеть нижние секции.

Помощник частотного фильтра

Кнопка **Помощник частотного фильтра** находится в раскрытой секции фильтра. Она помогает сопоставить частоты с введённой скоростью вращения.

Оборотная частота в Гц равна оборотам в минуту, делённым на 60. Например, введённые **700 об/мин** соответствуют примерно 11,67 Гц. Кратные частоты могут использоваться как ориентиры.

Введённые обороты - исходная информация пользователя. Программа не подтверждает их по тахометру и не должна считать совпадение пика с гармоникой доказанным диагнозом.

Помощник позволяет оценить положение выбранного интервала относительно оборотной частоты. После закрытия проверьте итоговые границы в основном диалоге.

Если выбранная полоса не проходит ограничения, сначала проверьте частоту съёмки, длительность и ширину фильтра, затем запускайте усиление.

Частота съёмки исходной записи

Помощник частотного фильтра

Подберите полосу фильтра вокруг частоты вращения вала: задайте обороты, выберите гармонику и полуширину, затем примените полосу.

Частота вращения
Справочные гармоники рассчитываются по введённым оборотам вала и не являются измерениями.

Обороты вала
700,0 об/мин

Полуширина полосы
1x 10,0 % Применить полосу

1x — частота вращения вала: число оборотов в минуту, делённое на 60. Гармоники 2x и 3x имеют частоту в два и три раза выше. Полуширина задаёт процент отклонения от центра в каждую сторону.

Рассчитанная полоса: 10,50–12,83 Гц · Центр: 11,67 Гц
Текущая полоса фильтра: 11,03–11,09 Гц
Карточки гармоник ниже относятся к текущей полосе фильтра, а не к рассчитанной полосе выше.

Гармоника	Частота (Гц)	Статус
1x	11,67	Вне выбранной полосы
2x	23,33	Вне выбранной полосы
3x	35,00	Вне выбранной полосы

Кнопка «Применить полосу» только меняет настройки фильтра. Закройте помощник и нажмите «Начать усиление» в окне «Усиление вибраций».

Закреть Начать усиление

Помощник фильтра. Число 700 об/мин в демонстрации является введённым параметром.

Просмотр и сохранение усиленного видео

Дождитесь готовности результата. В правой панели появится обработанное видео, слева останется исходная запись. Используйте общие элементы воспроизведения для сравнения.

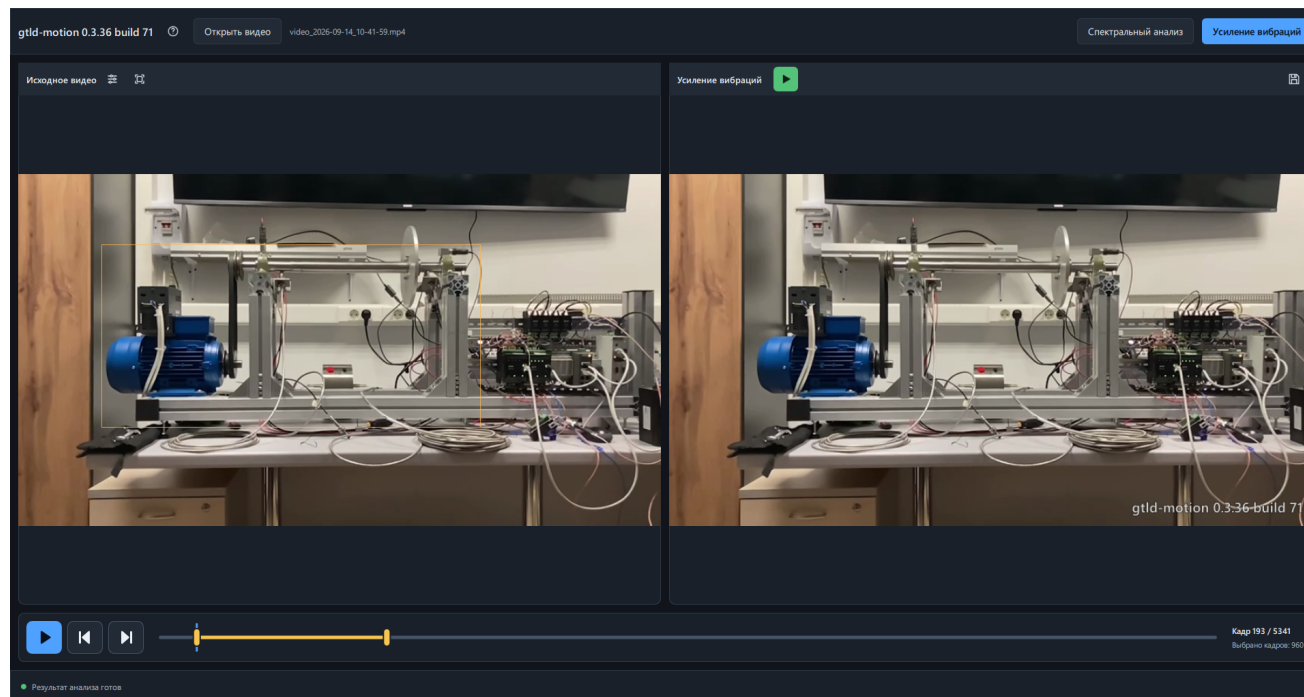
Убедитесь, что усилено интересное движение, а не мерцание света, смещение камеры или шум на границах. При заметных артефактах уменьшите коэффициент либо уточните полосу.

Нажмите значок **Сохранить** в шапке усилителя и задайте путь к MP4. До готовности результата или во время занятой операции сохранение может быть недоступно.

Экспорт видео - отдельная операция.

Дождитесь сообщения о завершении, прежде чем считать файл готовым. Обработанный файл содержит брендирование и сведения о параметрах в сопроводительных данных.

При открытии другого источника или закрытии программы несохранённый результат может вызвать запрос сохранения. Исходное видео при обработке не перезаписывается.



Исходное и обработанное видео короткого примера.

Отчёты и численные данные

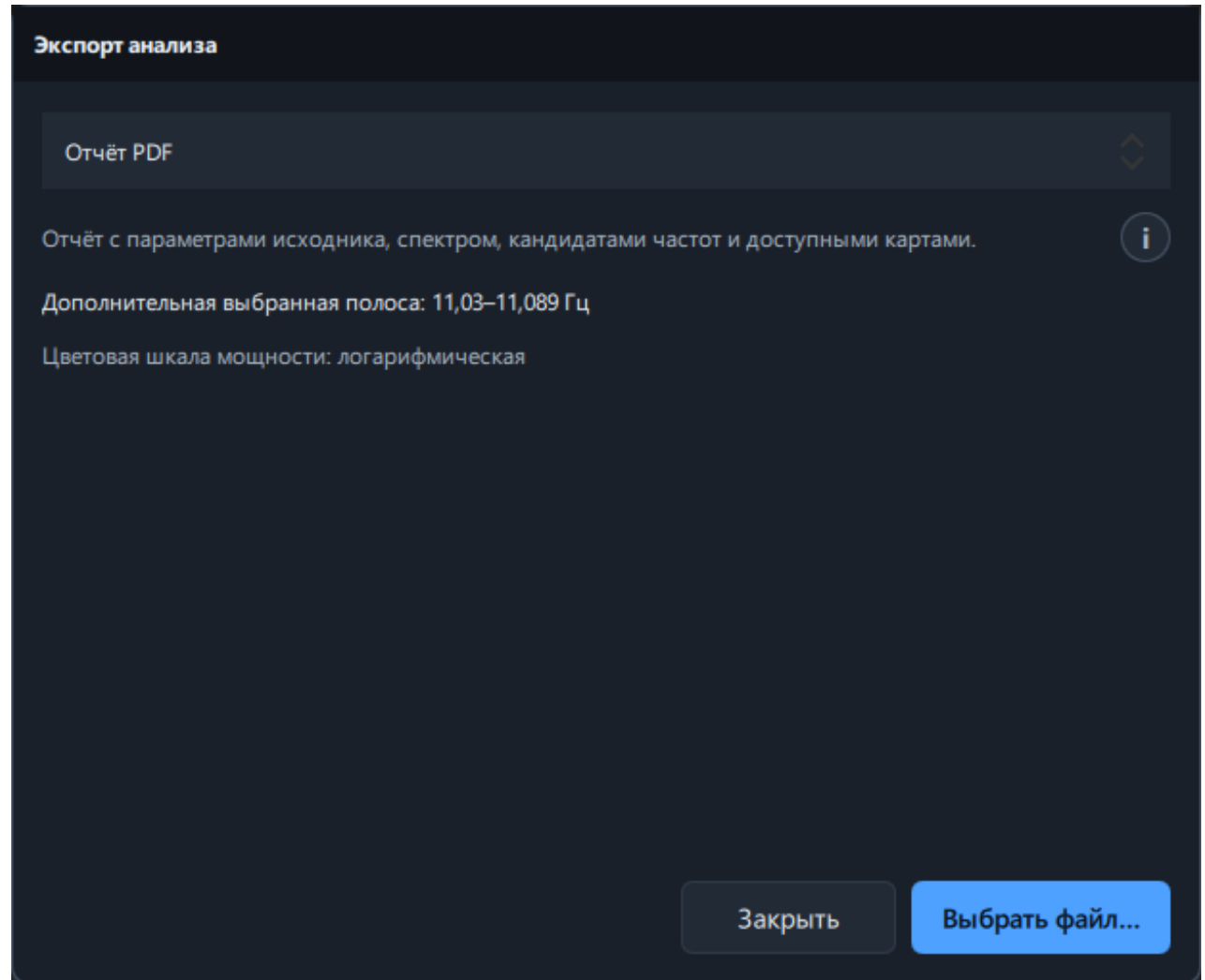
В шапке **Спектрального анализа** нажмите значок сохранения. Выберите формат и файл. Для PDF и DOCX автоматически предлагается имя report с датой и временем.

PDF и DOCX содержат параметры, исходный кадр с областью, сводную таблицу частот и мощностей, общий спектр, увеличенные графики пиков и карты найденных полос. Доступные результаты фазы включаются дополнительно.

При выбранной области отчёт показывает общий вид и область крупным планом. Основные изображения занимают отдельные страницы; ориентация страниц зависит от пропорций видео.

CSV предназначен для спектра или данных ячеек, **JSON** - для структурированных данных анализа. **PNG** сохраняет спектр, карту мощности или доступную карту фазы.

Экспорт анализа не сохраняет усиленное видео. Для него используйте отдельное сохранение в усилителе. Экпортируйте актуальные результаты после последнего изменения исходных настроек.



Диалог форматов анализа. Наличие отдельных форматов зависит от рассчитанных результатов.

Что делать при затруднениях

Видео открывается долго. Программа декодирует запись и строит индекс кадров. Проверьте доступность файла и диск; длинная запись или сложный кодек требуют больше времени.

Видно движение, но нет ожидаемого пика. Проверьте частоту съёмки, выбранный интервал и область. Выбирайте участки с контрастными деталями. Сравните точки объекта и фона. Причиной могут быть крупное движение, смаз, короткий пригодный сигнал или движение камеры.

В таблице меньше пиков, чем на графике. Таблица содержит отобранных кандидатов, до 20. Слабые и плохо разделённые пики могут не пройти отбор.

Карта подсвечивает фон. Проверьте исходное видео на движение камеры и мерцание. Логарифмическая шкала делает слабые составляющие заметнее; порог 0,0001 является относительным порогом отображения.

Сохранение недоступно. Дождитесь завершения операции, проверьте наличие актуального результата. Для карты фазы сначала должен быть успешный расчёт фазы.

Полоса слишком узкая. Увеличьте длительность пригодного фрагмента либо расширьте частотный фильтр. Проверьте сообщение после автоматической передачи полосы.

Результат устарел. После изменения источника, частоты съёмки, области или временного интервала повторите соответствующий расчёт.

Границы интерпретации и повторяемость

Программа исследует изображение. Спектр, мощность и фаза относятся к рассчитанным сигналам видео. Без отдельной калибровки они не являются перемещением в миллиметрах, ускорением или механической мощностью.

Частота зависит от временной шкалы. Для 240 кадров/с теоретическая граница Найквиста равна 120 Гц. Движения выше неё могут проявляться как ложные более низкие частоты. Перестановка кадров не создаёт новых независимых измерений.

Качество записи имеет значение. Подвижная камера, смаз, сжатие, мерцание освещения и построчное считывание матрицы могут менять результат. Для сравнения желательно сохранять одинаковые условия съёмки.

Разные области используют разные пригодные интервалы.

Ячейки могут опираться на различные непрерывные участки. Совпадение цветов или частот само по себе не устанавливает причинную связь между деталями.

Для повторения результата сохраняйте: исходное видео, версию приложения, частоту съёмки, номера начала и конца, границы области, плотность точек, полосу фильтра и коэффициент усиления. Добавьте отчёт и краткое описание условий съёмки.

Руководство составлено по живым снимкам версии 0.3.36 build 71. Основной пример использует весь кадр и 5341 кадр; отдельный короткий пример - 960 кадров и область. Значения между этими примерами намеренно различаются.