



## Конкурс для школьников «Гениальные мысли» Автореферат проекта победителя I степени

**Название работы – Широтно-импульсная модуляция – один из главных врагов для глаз человека в век нанотехнологий и способы борьбы с ним.**

**Автор – Симонов Илья Николаевич, 11 класс, МБОУ СШ №72 г.Липецка, г. Липецк.**

**Руководитель – Юрова Светлана Евгеньевна, учитель физики, МБОУ СШ № 72, г. Липецк.**

### Основная идея работы, цели, задачи

Стимулом к написанию данной работы послужило желание разобраться в причинах жалоб со стороны знакомых об усталости глаз после непродолжительного контакта со смартфоном. Хорошо изучив данную проблему, я нашёл ответ в лице термина «ШИМ». Появилась *идея* рассказать большему кругу лиц о главном вреде технических устройств во времена, когда человек практически весь день проводит за экраном монитора или смартфона, тем более что информации на данную тему не так много, хотя она носит важный характер.

*Цель проекта:* разобраться, что такое «ШИМ» для лучшего понимания причины негативного влияния на глаза, и предложить решение проблемы, проведя ряд экспериментов для доказательства эффективности этих мер.

*Объект исследования:* ШИМ в экранах.

### Задачи проекта:

1. Рассмотреть основные способы регулировки яркости дисплея.
2. Понять, что такое ШИМ.
3. Разобраться, чем обусловлена разница в работе и строении матриц.
4. Окончательно убедиться в причине негативного влияния ШИМа.
5. Рассмотреть способы решения проблемы.
6. Узнать принцип работы функций по снижению пульсации.
7. Провести замеры пульсации в разных условиях при помощи люксметра-пульсметра.
8. Сделать выводы об эффективности методов снижения ШИМа.

### Актуальность и новизна работы

Актуальность темы связана с тем, что трудно представить хоть один день современного человека без использования гаджетов. Телевизоры, смартфоны и мониторы компьютеров окружают нас изо дня в день. Многие не могут отказаться от такого образа жизни из-за рода профессии. Считаю важным снизить вредное воздействие экрана на глаза благодаря ряду мер, которые будут направлены на устранение одной из главных причин негативного воздействия на здоровье человека – пульсации экранов. Интернет полон догадок, касающихся того, почему у пользователей, которые проводят за экраном весь день, глаза не устают, а в других случаях достаточно 10 минут, чтобы почувствовать дискомфорт. Это тоже является свидетельством малой осведомлённости людей в данной области.

Доказательством новизны работы служит как недостаток научных исследований данной проблемы, так и тот факт, что некоторые из рассмотренных мной технологий строения матриц стали активно применяться в устройствах сравнительно недавно. Именно по этой причине в момент поиска информации по данной проблеме пришлось изучить не только отечественные научные труды и литературу, но и исследования зарубежных ученых.

## Основные результаты

Сначала считаю важным отметить, что для дальнейшего изучения будут рассмотрены три типа матриц: OLED, AMOLED и IPS из-за их популярности среди производителей дисплеев. В качестве «носителей» будут взяты смартфоны как наиболее популярные виды современных устройств.

Во-первых, необходимо понимать, что работу экрана, как и других комплектующих, трудно представить без подачи тока. Отправной точкой для дальнейших рассуждений служит типичная ситуация: желание пользователя изменить яркость экрана. Существует два основных способа это сделать: изменение уровня постоянного напряжения, а также использование мерцания (ШИМ) при переменном напряжении. Широтно-импульсная модуляция (ШИМ) — процесс управления мощностью методом пульсирующего включения и выключения потребителя энергии [1]. В данном случае определение можно интерпретировать как один из методов уменьшения восприятия яркости экрана [2]. Известно, что импульс — это всплеск напряжения в определенный промежуток времени. Именно в эти моменты изображение появляется на экране. Затем наступает интервал, когда светодиод неактивен и изображение отсутствует.

Напряжение на подсветке

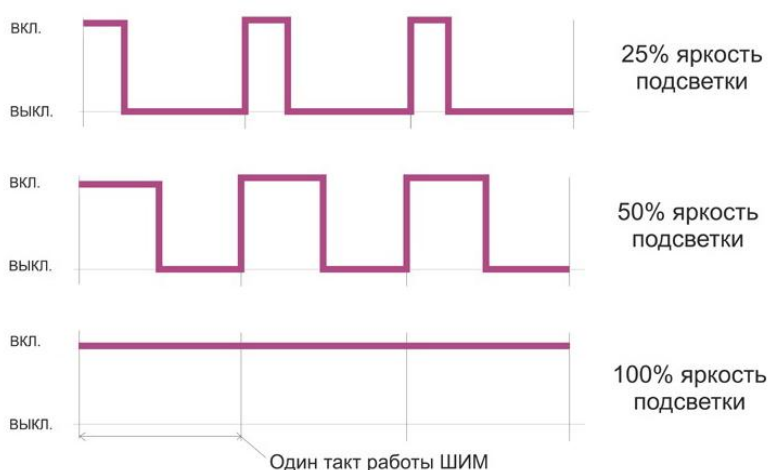


Рис.1. Принцип работы широтно-импульсной модуляции [3]

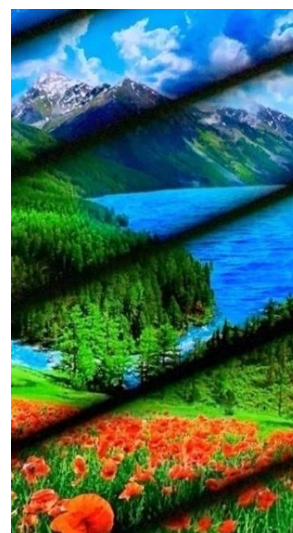


Рис.2. Пример пульсации экрана, невидимой для глаза человека

Так как это происходит очень быстро, человек не замечает данное явление. Но зрительные рецепторы способны улавливать пульсацию света в среднем с частотой вплоть до 300 раз в секунду, а мозг в это время находится в возбужденном состоянии, «обрабатывая» полученную информацию. Данный порог (300 Гц) является рекомендуемым минимумом освещенности на рабочих местах по ГОСТу Р 54945-2012 [4]. Также стоит отметить, что российские нормы регламентируют значение коэффициента пульсаций в диапазоне от 5 до 20% в зависимости от точности зрительной работы. Оптимальной для комфорта и безопасности человека была признана пульсация, коэффициент которой не превышает 5%. Коэффициент пульсаций — это показатель, выражаемый в процентах и отображающий степень колебаний при изменении светового потока [5]. Этот факт можно отнести и к экранам устройств, так как принцип негативного воздействия на глаза человека остаётся тем же. Стоит отметить, что на начальном этапе появления OLED такой способ работы данного типа матрицы был необходим, так как при попытке подачи на светодиоды постоянного напряжения происходило искажение цветов на экране. Из-за того, что яркость в IPS матрицах изменяется по другому принципу (поддерживается напряжение светодиодной

подсветки, которой, в свою очередь, нет у OLED и AMOLED, постоянным), пульсация часто настолько высока (например, 2000 Гц), что её принято не учитывать, так как вредного воздействия она не несёт. Но в некоторых случаях производители из-за удешевления комплектующих могут ухудшить значение ШИМ.

Во многом разница в работе матриц обусловлена их строением. IPS содержит в себе блок подсветки, который способен пропускать постоянное напряжение. Фотоны равномерно отражаются от подложки на всю площадь экрана, а изображение формируется цветными жидкокристаллическими светофильтрами или переизлучающими элементами на основе квантовых точек. OLED дисплей состоит из тонких плёнок, они светятся сами и им не нужен внешний источник света. Выключенные участки экрана энергии не потребляют совсем. Стоит учитывать, что в отличие от блока подсветки IPS матрицы, одиночные светодиоды хуже приспособлены для контакта с постоянным током, из-за чего часто применяется ШИМ.

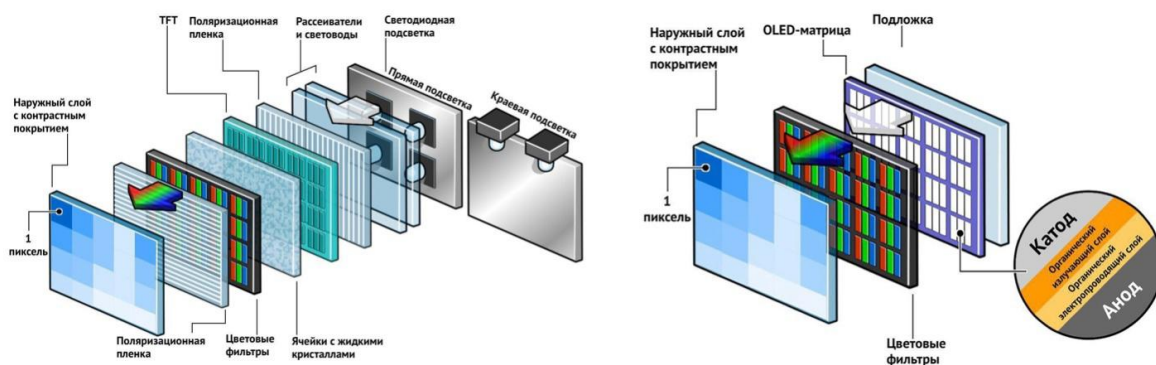


Рис.3. Разница в строении матриц на примере OLED и TFT (одна из разновидностей жидкокристаллических дисплеев, к которым также относится и IPS) [6]

На данном этапе стало ясно: главной причиной головной боли и сухости в глазах у некоторых людей является именно мерцание. Это подтверждается документом, содержащим зарубежные исследования, которые говорят о том, что:

- высокочастотные пульсации освещенности вызывают повышенную усталость глаз,
- снижение производительности зрительной работы, головные боли и тревожность;
- с увеличением глубины пульсаций выраженность негативного воздействия растет;
- с ростом частоты риски негативного воздействия снижаются [7].

Достаточно изучив причину проблемы, я приступил к поиску её решения. Как упоминал ранее, матрицы, схожие по строению с OLED, не позволяют пропускать через себя постоянное напряжение, потому что неизбежно происходит искажение цветов. Так было ранее. На данный момент можно с уверенностью сказать, что повышение качества компонентов и улучшение технологического процесса дали возможность обеспечить светодиоды постоянным током без серьёзного ущерба для цветопередачи. Проблему в данной сфере до конца не удалось решить, но прогресс существенен. При должном внимании со стороны производителя за счёт дополнительной калибровки экрана цвета практически не меняются.

Стоит отметить, что уже несколько лет некоторые производители используют технологию «Flicker Free», которая призвана уменьшить негативное влияние монитора на здоровье человека путём отказа от широтно-импульсной модуляции. Однако на рынке смартфонов не каждая компания может похвастаться подобной функцией, которую ещё иногда называют «DC Dimming». А в большинстве случаев пользователь не догадывается, что такая технология существует.

Принцип работы заключается в том, что подсветка экрана всегда работает на максимальном значении, в результате достигается уменьшение мерцания, а регулировка яркости осуществляется за счёт наложения тёмного фильтра, который «приглушает» цвета. Для пользователя работа данной функции может быть заметна в виде менее «контрастного» изображения, но, как я уже сказал ранее, шаги со стороны производителей в направлении решения данной проблемы минимизируют эти недостатки.

Изучив теоретическую часть, я приступил к практике. Было принято решение самому разобраться в эффективности данного способа снижения пульсации, используя люксметр-пульсметр для более точных измерений. Постараюсь рассказать о том, как активировать данную функцию почти на любом смартфоне. Считаю важным сравнить время работы от аккумулятора с включённой функцией и без неё. Поделюсь опытом использования данных мер, спустя несколько месяцев тестирования.

Во-первых, необходимо понять, как активировать «режим снижения пульсации». В разных случаях названия могут отличаться, но принцип работы один и тот же. На устройствах под управлением операционной системы Android существует бесплатное приложение «OLED Saver», которое можно установить из «Google Play». В некоторых случаях прибегать к помощи сторонних разработчиков не придётся, так как производитель смартфона предоставил подобную функцию в настройках хотя бы на некоторых моделях. К числу таких компаний относятся Xiaomi, OnePlus, Huawei и другие. На устройствах с операционной системой iOS пункт «понижение точки белого» в настройках также даёт похожий результат.

Для более точных измерений был взят люксметр-пульсметр «Radex Lupin» и установлено официальное программное обеспечение для вывода полной информации на компьютер. Все опыты проводились на максимальном и минимальном значениях яркости дисплеев, а также при  $30 \text{ кд/м}^2$  как наиболее популярном значении среди моих знакомых.



*Рис.4. Предварительное тестирование люксметра-пульсметра*



**IPS**

Для первых измерений был взят смартфон с IPS матрицей.



Рис.5. Результаты измерений IPS матрицы

Видно, что пульсация крайне мала почти на всём диапазоне яркости и лишь на минимальном значении заметно небольшое превышение нормы, которое составляет 21%.

**OLED (До активации функции, без понижения точки белого)**

В случае OLED, как и ожидалось, пульсация до включения режима «понижение точки белого» превышает допустимое значение в несколько раз.



Рис.6. Результаты измерений OLED матрицы с повышенной пульсацией

На максимальной яркости ШИМ в пределах нормы, но при 30 кд/м² и ниже коэффициент пульсации гораздо больше. К желаемой цифре в 5 % удалось приблизиться только при 238 кд/м², но в большинстве случаев это слишком ярко для комфортного использования вечером. На меньших значениях яркости пользоваться смартфоном становится вредно.

**OLED (После активации функции, с понижением точки белого)**

После активации «понижения точки белого» наблюдаем положительную динамику.



Рис.7. Результаты измерений OLED матрицы с пониженной пульсацией

Сразу стоит отметить, что в настройках было выбрано значение 85% работы данной функции, так как при 100% максимальная и минимальная яркость падала до некомфортных значений в дневное время суток. 43 кд/м<sup>2</sup>, по моим наблюдениям, хватает даже на улице при солнечной погоде. На минимальной яркости пульсация возросла до 62%, но обычно экран ярче, а значит, пользователю не грозит высокое значение пульсации. Можно добиться более хороших результатов, если выставить 100% «понижения точки белого».

**AMOLED (До активации функции, без «OLED Saver»)**

AMOLED схож с результатами OLED. Это связано со схожим строением матрицы.



Рис.8. Результаты измерений AMOLED матрицы с повышенной пульсацией

В данном случае считаю важным внести график частоты и яркости для более точных измерений.

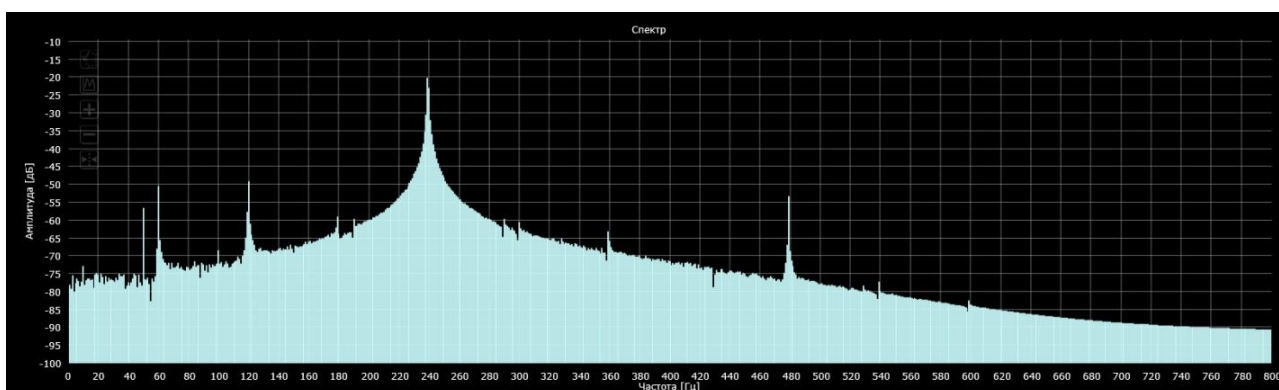


Рис.9. График частоты с повышенной пульсацией

Видно, что наибольший пик приходится на 240 Гц.

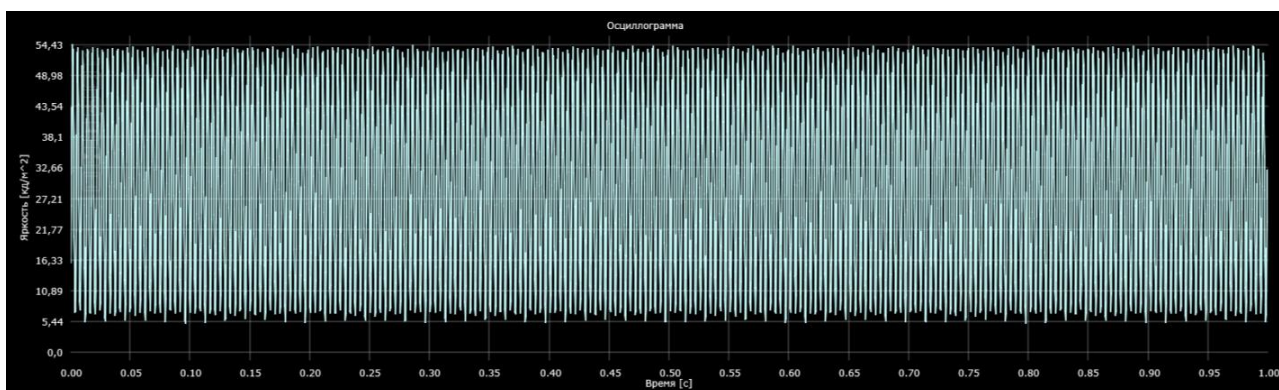


Рис.10. График яркости с повышенной пульсацией

Яркость имеет крайне нестабильное значение. Именно в этом случае видна вредность ШИМа.

**AMOLED (После активации функции, с «OLED Saver»)**

После активации работы приложения «OLED Saver» вредное воздействие на глаза значительно снижается.



Рис.11. Результаты измерений AMOLED матрицы с пониженной пульсацией

Частоты распределились более равномерно.

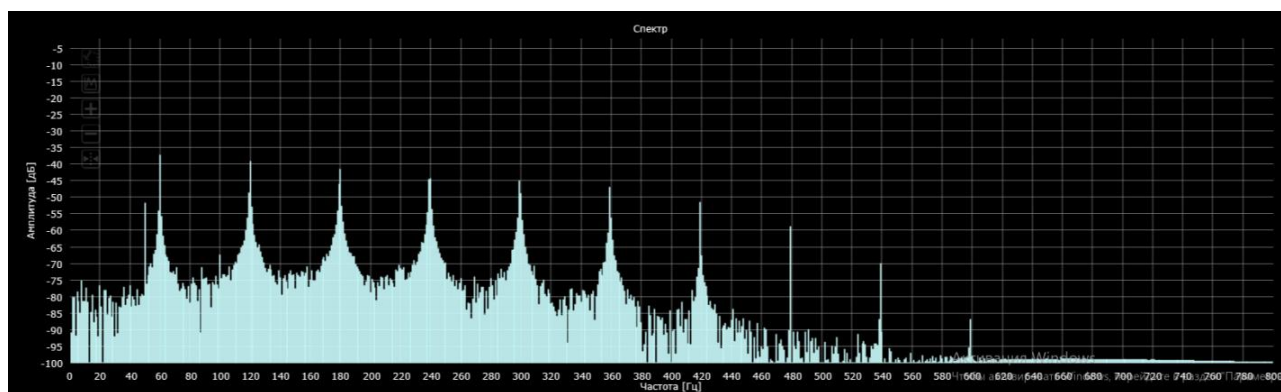


Рис.12. График частоты с пониженной пульсацией

График яркости также стал показывать более безопасные значения. Видно, что ШИМ значительно уменьшился.

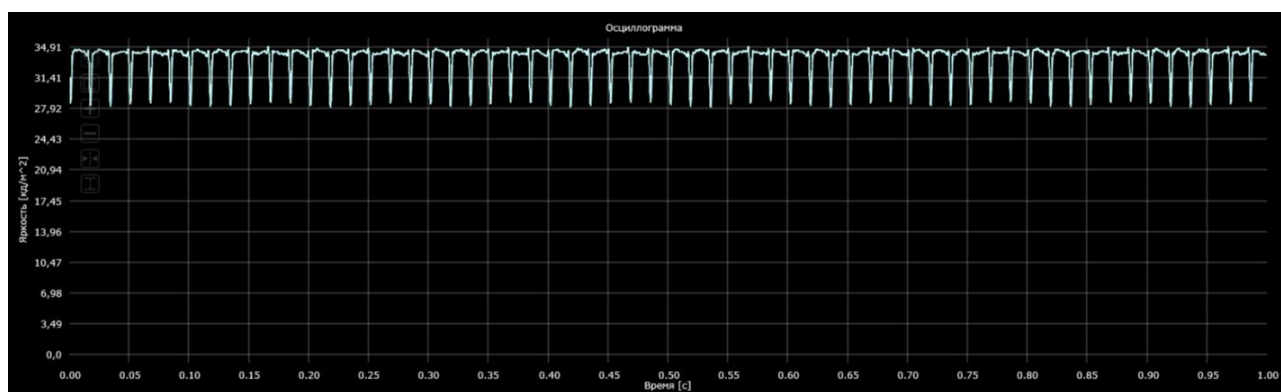


Рис.13. График яркости с пониженной пульсацией

Для лучшего анализа результатов исследования предлагаю ознакомиться с таблицей.

Таблица 1. Измерения пульсации

Тип матрицы		IPS	OLED	AMOLED	
Кп	При макс. яркости	Без понижения пульсации	0.8 %	6.7 %	7.9 %
	При 30 кд/м <sup>2</sup>		1.2 %	76 %	81 %
	При мин. яркости		21 %	50 %	52 %
	При макс. яркости	С понижением пульсации	-	11 %	7.8 %
	При 30 кд/м <sup>2</sup>		-	13 %	10 %
	При мин. яркости		-	62 %	30 %

Видно, что в некоторых случаях удалось добиться снижения негативного воздействия в несколько раз. Также считаю важным отметить, что при определённых значениях яркости коэффициент пульсации до принятия мер по его снижению мог превышать 120 %. В таких случаях разница от «до» и «после» достигает более, чем в 10 раз.

### **Разница во времени работы**

Сильных изменений во времени работы от аккумулятора мной обнаружено не было. Разница в процентах заряда при воспроизведении видео в течении двух часов с включённой и выключенной функциями составила не более 1 %.

### **Опыт использования**

С активированными функциями снижения ШИМ смартфоны использовались более двух месяцев. За этот период серьёзных недостатков обнаружено не было. Искажение цветопередачи было крайне незначительным. Глаза, действительно, стали меньше уставать к концу дня, а сон стал более крепким.

### **Выводы, заключение, перспективы**

1. Рассмотрены основные способы регулировки яркости дисплея.
2. Сформировано чёткое понимание, что такое ШИМ.
3. Обнаружен ответ, чем обусловлена разница в работе матриц.
4. На основе научных исследований найдена причина негативного влияния ШИМа.
5. Рассмотрены основные способы решения проблемы.
6. Разобран принцип работы функций по снижению пульсации.
7. Проведены замеры пульсации экранов при различных настройках.
8. Сделаны выводы об эффективности методов снижения ШИМа, опираясь на данные проведённых экспериментов.

Все задачи проекта выполнены. В перспективе есть желание изучить остальные типы матриц, сделать замеры пульсаций на других устройствах, популяризировать идею важности в необходимости снижения ШИМа при помощи предложенных мной методов.

### **Список цитированных источников**

1. Определение широтно-импульсной модуляции, электронный ресурс, [https://ru.wikipedia.org/wiki/Широтно-импульсная\\_модуляция](https://ru.wikipedia.org/wiki/Широтно-импульсная_модуляция), дата обращения 15.10.2020.
2. Другая интерпретация определения широтно-импульсной модуляции, электронный ресурс, <https://bestcube.space/karandashnyj-test-monitora-shim-kak-sdelat-i-cto-eto-takoe>, дата обращения 12.01.2021.



3. График пульсации, электронный ресурс, <https://stopgame.ru/search?s=телефоны&where=comments&sort=relevance&p=5>, дата обращения 02.01.2021.
4. ГОСТ Р 54945-2012, электронный ресурс, <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-54945-2012>, дата обращения 15.01.2021.
5. Определение коэффициента пульсаций, электронный ресурс, <https://www.elektro.ru/articles/detail/mertsanie-svetodiodnykh-lamp/>, дата обращения 15.01.2021.
6. Строение матриц, электронный ресурс, <https://www.audiomania.ru/content/art-4822.html>, дата обращения 21.07.2020.
7. Влияние пульсаций освещения на здоровье человека, электронный ресурс, <https://habr.com/ru/post/405821/>, дата обращения 17.01.2021.