

УДК 62-742:539.1.043

## РАЗРАБОТКА ЗОНТА, ВЫПОЛНЕННОГО ИЗ ПРОЗРАЧНОЙ PVC-P ПЛЕНКИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ UV ИЗЛУЧЕНИЯ

*В.В. Голощанова, А.В. Токарев, В.А. Юданов*

Представлены результаты разработки и испытания защитного зонта, выполненного из прозрачной пленки поливинилхлорида. Устройство защищает от вредного солнечного ультрафиолетового излучения. Зонт отличается тем, что традиционный купол зонта из солнцезащитных тканей заменяется на легкий купол, изготовленный из модифицированной полимерной пленки из поливинилхлорида, с измененными оптическими свойствами. Устройство способно поглощать вредный УФ-В диапазон, но при этом не препятствовать прохождению полезного ультрафиолета УФ-А диапазона и теплового излучения.

*Ключевые слова:* ультрафиолетовое излучение; барьерный разряд; ультрафиолетовый индекс; оптические фильтры; плазма; полимерные пленки.

---

## UV НУРДАНУУСУНАН КОРГОО УЧУН ТУНУК PVC-P ПЛЕНКАСЫНАН ЖАСАЛГАН КОЛ ЧАТЫРДЫ ЖАСОО

*В.В. Голощанова, А.В. Токарев, В.А. Юданов*

Бул макалада тунук поливинилхлорид пленкасынан жасалган коргоочу кол чатырды иштеп чыгуунун жана сыноонун натыйжалары келтирилген. Кол чатыр күндүн зыяндуу ультрафиолет нурларынан коргойт. Кол чатыр күндөн коргоочу кездемелерден жасалган салттуу кол чатырдын куполунун ордуна оптикалык касиеттери өзгөртүлгөн поливинилхлориддик полимер пленкасынан жасалган жеңил купол менен алмаштырылышы менен айырмаланат. Кол чатыр зыяндуу УФ-В диапазонун сиңирүүгө жөндөмдүү, бирок ошол эле учурда пайдалуу УФ-А диапазонун жана жылуулук нурлануусунун өтүшүнө тоскоол болбойт.

*Түйүндүү сөздөр:* ультрафиолет нурлануусу; тосмо разряд; ультрафиолет индекси; оптикалык чыпкалар; плазма; полимердик пленкалар.

---

## DEVELOPMENT OF THE TRANSPARENT PVC-P FILM UMBRELLA AGAINST UV RADIATION

*V.V. Goloshchapova, A.V. Tokarev, V.A. Yudanov*

The article presents the results of development and testing of protective umbrella made out of transparent film of polyvinyl chloride. Device provides a protection against UV radiation emitted from the sun. The umbrella's traditional fabric dome performance has been increased with the optically modified polyvinyl chloride. The modified umbrella was capable to absorb UV-B spectrum however was failing to stop UV-A spectrum and thermal entropy.

*Keywords:* ultraviolet radiation; barrier discharge; UV index; optical filters; plasma; polymer films.

**Введение.** Солнечные ультрафиолетовые лучи играют важную роль во многих процессах биосферы. Все мы подвергаемся влиянию ультрафиолетового излучения, поступающего от Солнца. Без ультрафиолетовых лучей солнечного света останутся все процессы фотосинтеза, наступит страшный холод, исчезнет свет. Наступит самый настоящий «конец света».



Рисунок 1 – Значения УФ-индекса и меры защиты от ультрафиолетового излучения

Ультрафиолетовое излучение располагается между видимым и рентгеновским излучением и обладает некоторыми особенностями, которые позволяют выделить его в особую группу. Область УФ-излучения состоит из волн диапазоном 100–400 нм и условно включает в себя три спектральные группы: УФ-А (UV-A) (315–400 нм); УФ-В (UV-B) (280–315 нм); УФ-С (UV-C) (100–280 нм) [1, 2].

Исследования показали, что под действием солнечных лучей в головном мозге вырабатывается особое вещество – серотонин, который можно считать гормоном настроения. Доказано, что Солнце улучшает наше настроение, делает жизнь радостней, это связано именно с выработкой серотонина. Кроме того, установлено, что под действием солнечных лучей в коже человека вырабатывается витамин D. Имеются исследования, доказывающие определенную пользу солнечных лучей, точнее ультрафиолетового облучения в лечении ряда заболеваний. Но о пользе солнечного излучения говорят значительно реже, чем об его опасности.

Главная опасность солнечного излучения связана с непосредственным его воздействием на кожу человека. Отмечено две основные опасности этого воздействия: первая – это вероятность ожога кожи, который имеет и более серьезные отдаленные последствия. Многочисленными исследованиями доказано, что воздействие солнечных лучей на кожу многократно увеличивает риск возникновения некоторых видов рака кожи, в том числе, и самого опасного – меланомы. Кроме того, можно еще отметить опасность поражения глаз ультрафиолетовыми лучами, а также тепловой и солнечный удар [2].

Однако выраженность ультрафиолетового излучения очень сильно зависит от времени года, от места нахождения человека, от качества окружающего воздуха, как через него проникают ультрафиолетовые лучи, от наличия облачности. Кроме этого огромное значение имеет время суток.

Степень опасности солнечных лучей определяется Глобальным солнечным индексом (УФИ, UV-index, UVI), который характеризует степень ультрафиолетового излучения у поверхности земли.

УФ-индекс был разработан Всемирной организацией здравоохранения при содействии Программы Организации Объединенных Наций об окружающей среде, с целью упорядочения информирования населения об UVI и активизации использования УФ-индекса как средства защиты от солнечных лучей. Измерение УФ-индекса производится физическими и химическими методами с помощью соответствующих приборов.

УФ-индекс – это индикатор реальной опасности для кожи. Он служит средством повышения осведомленности населения и предупреждения о необходимости принимать какие-то меры защиты, когда мы выходим на улицу. Минимальное значение ультрафиолетового индекса начинается с 0 и увеличивается до 11+, это и есть степень риска (рисунок 1). Если индекс 1–2, то никаких опасений нет, вы можете находиться на воздухе сколько угодно, никаких проблем и ограничений нет. Начиная от 3 и до 7 – вы обязаны защищать себя, свою кожу, кожу ваших детей от воздействия солнечных лучей. Если же индекс больше 8, то не следует, даже несколько секунд, находиться под воздействием солнечных

лучей, в этом случае следует очень серьезно отнестись к выбору одежды, защитной косметики, принимать все меры предосторожности.

Постоянно прятаться от солнца невозможно, да и не нужно. Однако следует принимать меры предосторожности, предохраняющие от избыточного УФ-излучения.

Существует три основных способа защиты: по возможности избегать прямых солнечных лучей; надевать одежду, защищающую кожу от солнца; использовать солнцезащитные средства, содержащие УФ-фильтры (косметика); на берегу озер находится под зонтами [3, 4].

Во время отдыха у воды человек вынужден защищаться от солнечных ожогов, прячась под светонепроницаемыми зонтами или навесами. При такой защите человек не только защищается от вредного воздействия ультрафиолета, но и теряет возможность получить загар, испытывает дискомфорт, связанный с холодом. Решением данной проблемы является создание зонтов и навесов из прозрачных полимеров, поглощающих вредное УФ-излучение, но пропускающих тепло и «полезный» ультрафиолет.

Выпускаемые полимерные пленки с такими характеристиками изготавливаются по сложной технологии соэкструзии различных полимеров и отличаются высокой стоимостью. Наиболее интересными в этом отношении являются прозрачные полимерные пленки из поливинилхлорида. Однако спектр пропускания данных пленок не удовлетворяет требованиям защиты от УФ-излучения. В связи с этим данные пленки необходимо модифицировать, чтобы сместить спектр пропускания полимера в длинноволновую область УФ-спектра.

Целью работы является разработка и создание зонта из модифицированной прозрачной ПВХ пленки поглощающего вредное УФ-излучение UV-B (280–315 нм) и UV-C (100–280 нм) диапазонов, но пропускающих тепло и «полезный» UV-A (315–400 нм) ультрафиолет.

**Эксперимент и результаты.** Конструкция зонта. За прототип выбран «Зонт пляжный «комфорт» (патент РФ №2493758, от 11 марта 2012), имеющий горизонтально установленное основание, к которому крепится боковая опора, на которой закрепляется купол зонта. Основание сделано в виде многоугольника, имеющего в одном из углов втулку, закрепленную вертикально, от которой исходят ребра жесткости к другим углам основания. Во втулку плотно вставляется боковая опора, состоящая, по меньшей мере, из трех сегментов трубки, плотно крепящихся друг к другу вертикально; к верхней части боковой опоры, с той же стороны, что и основание, крепится купол, сделанный, по меньшей мере, из одного куска ткани прямоугольной формы с закругленными углами, по краю которого закреплена проволока из пружинной стали, заставляющая купол держать форму. Купол сделан из легкой светозащитной ткани, натянутой на металлические спицы (рисунки 2 и 3).

Данная конструкция имеет существенный недостаток – купол устройства блокирует как прохождение всего УФ диапазона, так и теплового излучения, идущего от Солнца.

Солнечный свет – мощное лечебное и профилактическое средство, исключительно важное для сохранения здоровья. Действие ультрафиолетовых лучей на организм неодинаково, и зависит от длины волны. Весь УФ-спектр принято разделять: на ближний ультрафиолет – УФ-А лучи (315–400 нм), УФ-В лучи (280–315 нм), дальний ультрафиолет – УФ-С лучи (100–280 нм). Практически весь УФ-С и часть УФ-В диапазона поглощается при прохождении солнечного света через земную атмосферу. Поэтому УФ радиация, достигающая поверхности земли, в значительной степени содержит УФ-А и УФ-В излучение. Как правило, УФ-А лучи относят к полезному ультрафиолету, который стимулирует кровообращение, укрепляет иммунную систему, оказывает терапевтическое воздействие при лечении заболеваний кожи, способствует выработке витамина D, который отвечает за усвоение кальция. УФ-В радиацию относят к вредному излучению, которое оказывает эритемное и пигментное действие, обуславливает загар, поражает глаза, вызывая катаракты, птеригиум (разрастание белого пятна на роговице) и воспаления глаз.

Поэтому технической задачей являлось изготовление такой конструкции солнцезащитного зонта, которая будет способствовать созданию защиты от вредного ультрафиолетового излучения



Рисунок 2 – Общий вид зонта



Рисунок 3 – Вид купола зонта

УФ-В диапазона, но при этом не препятствовать прохождению полезного ультрафиолета УФ-А диапазона и теплового излучения.

При решении поставленной задачи традиционный купол зонта, который, как правило, изготавливается из плотных солнцезащитных тканей, блокирующих ультрафиолетовое и тепловое излучение, заменяли на легкий купол, изготовленный из модифицированной полимерной пленки из поливинилхлорида (ПВХ), с измененными оптическими свойствами.

Известно, что имплантация в поверхность полимерной основы ультрафиолетовых фильтров путем обработки плазмой, позволяет создавать экологически чистую и эффективную защиту от опасного для человека ультрафиолетового излучения.

Для купола зонта была использована недорогая массово выпускаемая прозрачная полимерная пленка из поливинилхлорида (ПВХ), однако ее спектр пропускания не удовлетворяет требованиям защиты от УФ-излучения. Самыми надежными и удобными средствами защиты являются средства, содержащие УФ-фильтры, к которым относятся вещества, поглощающие УФ-излучение. С учетом этого предлагаемая авторами модификация состояла из нескольких этапов.

На *первом этапе* проводили активацию поверхности полимерной пленки низкотемпературной плазмой барьерного разряда атмосферного давления с частотой питания 20 кГц при напряжении 25 кВ, для уменьшения поверхностного натяжения и улучшения равномерного распределения раствора. Необходимое время обработки задавали таймером. Барьерный разряд возбуждался в зазоре между керамическими электродами. Через зазор медленно протягивалась пленка. Перед активацией поверхность пленки тщательно промывали этиловым спиртом, и высушивали при температуре 50 °С. В ходе активации изменениям подвергали только обрабатываемую поверхность материала и очень тонкий приповерхностный слой, толщина которого составляет нескольких микрон. Основная же масса полимера не изменялась, сохраняя механические, физико-химические и электрофизические свойства модифицируемого материала.

На *втором этапе* на активированный приповерхностный слой полимерной пленки наносили хромофор – спиртовой раствор химического фильтра Octyl Methoxycinnamate (Parsol MCX), жидкость, не имеющую цвета и запаха, которая легко вводится в эмульсию.

На *третьем этапе* проводили повторное пропускание обработанной полимерной пленки через плазму барьерного разряда, для фиксации оптического фильтра в массиве основы. В результате модификации спектр поглощения полимерной пленки смещался в длинноволновую область, соответствующую спектру поглощения исходного оптического фильтра (рисунок 4).

**Определение эффективности защиты зонта по УФ-индексу.** Ультрафиолетовый индекс определяли с помощью портативного УФ-метра, собранного на аппаратно-программной платформе Arduino

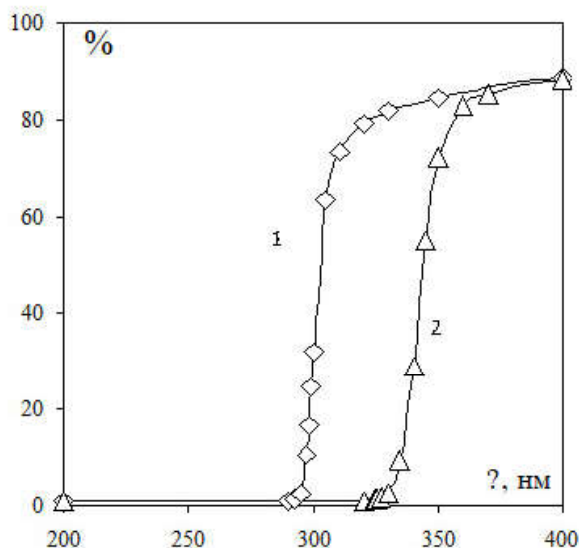


Рисунок 4 – Спектры пропускания ПВХ пленки:  
1 – исходная пленка; 2 – модифицированная

Nano и УФ-модуля (UVM30A) с OLED-дисплеем для индикации ультрафиолетовых лучей солнца, измеренных в конкретном пространстве и в конкретное время. На OLED-дисплее отображаются значения УФ-индекса, который является единицей международного образца для определения интенсивности солнечного излучения [5, 6].

Используемый УФ-модуль UVM30A представляет собой недорогой аналоговый датчик с практически линейным выходом. То есть выходное значение датчика возрастает или убывает пропорционально возрастанию или убыванию УФ-излучения. На рисунке 5 показана схема включения всех необходимых деталей портативного измерителя ультрафиолетового излучения.

Считывание и преобразование значений, полученных с УФ-модуля выполняли в программе без применения библиотек. Главная операция кода заключалась в считывании аналогового вывода 0 (A0), к которому интегрирован выход УФ-модуля, и преобразовании его в мВ. Далее полученные данные сравнивали со значениями в таблице ультрафиолетовых индексов, и рассчитывали ультрафиолетовый индекс в определенном месте и в определенное время. Результаты расчета и определения ультрафиолетового индекса выводили на OLED-дисплей. Таблица ультрафиолетовых индексов для сопоставления показана на рисунке 6.

Определение эффективности защиты зонта от ультрафиолетового излучения производили в следующем порядке: 1. Зонт устанавливали вертикально на открытой площадке. 2. Входное окно портативного УФ-метра располагали параллельно земле. 3. Измерения УФ-индекса производили поочередно – под зонтом и на открытом пространстве в течение дня через каждый час. 4. Эксперименты проводили в июле месяце в ясные дни.

На рисунке 7 показана зависимость падающей мощности от лучей Солнца на горизонтальную поверхность, от момента его восхода до заката для июля месяца. График построен на основании справочных данных. Максимум мощности приходит на восьмой час от восхода Солнца и составляет  $650 \text{ Вт/м}^2$ .

На рисунке 8 показано, что кривая УФ-индекса примерно повторяет кривую мощности солнечного излучения от времени.

Примерно до трёх часов после восхода Солнца УФ-индекс находится в допустимом для человека диапазоне и не приносит никакого вреда. В течение от 3-х до 4-х часов от восхода Солнца УФ-индекс входит в диапазон, при котором требуется защита, либо ограничение пребывания человека на

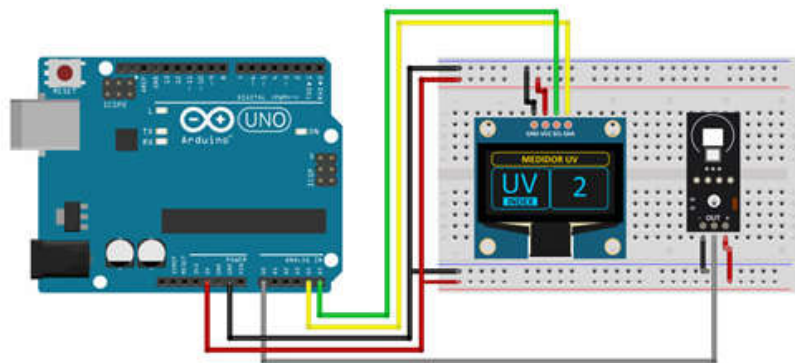


Рисунок 5 – Схема подключения OLED-дисплея и УФ-модуля к Arduino

UV Index (Índice UV)	0	1	2	3	4	5
Vout(mV)	<50	227	318	408	503	606
Valor analógico	<10	46	65	83	103	124
UV Index (Índice UV)	6	7	8	9	10	11 <sup>+</sup>
Vout(mV)	696	795	881	976	1079	1170+
Valor analógico	142	162	180	200	221	240

Рисунок 6 – Значения УФ-индекса и соответствующие им напряжения



Рисунок 7 – Зависимость падающей мощности солнца от времени

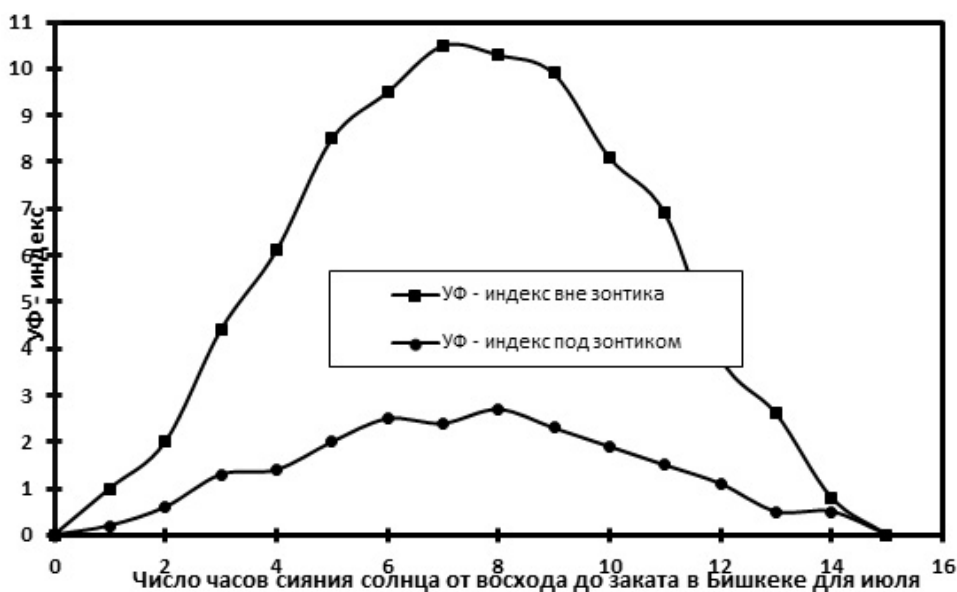


Рисунок 8 – Зависимость УФ-индекса от времени сияния Солнца на открытом пространстве и под зонтиком

открытом Солнце. Примерно от 5 до 11 часов от восхода Солнца требуется повышенная защита. Вне помещения необходимо оставаться в тени, носить одежду с длинными рукавами, шляпу, пользоваться солнцезащитным кремом. За три часа до захода Солнца УФ-индекс снова входит в безопасный диапазон.

На рисунке 8 видно, что под зонтом в течение всего светового дня УФ-индекс находится в безопасном диапазоне. Поэтому человек, находящийся под зонтом, находится в полной безопасности от воздействия опасного УФ-излучения. Снижение УФ-индекса происходит за счёт поглощения опасных длин волн УФ-В (UV-B) (280–315нм).

#### Выводы

Разработано и создано устройство защиты от вредного солнечного ультрафиолетового излучения, выполненное в виде традиционного зонта. Зонт способен создавать защиту от ультрафиолетового излучения.

Зонт отличается тем, что традиционный купол из солнцезащитных тканей заменяется на легкий, изготовленный из модифицированной полимерной пленки из поливинилхлорида с измененными оптическими свойствами. Устройство способно поглощать вредный УФ-В диапазон, но при этом не препятствовать прохождению полезного ультрафиолета УФ-А диапазона и теплового излучения.

#### Литература

1. Васильев А.В. Коротковолновое солнечное излучение в атмосфере Земли. Расчеты. Измерения. Интерпретация / А.В. Васильев, И.Н. Мельникова. СПб., 2002. 400 с.
2. Дугиева Д.А. Ультрафиолетовое излучение / Д.А. Дугиева // Молодой ученый. 2020. № 5. URL: <https://moluch.ru/archive/295/67050/> (дата обращения: 07.11.2020).
3. Ngadiman N.H.A. Optimization of Materials Composition and UV-VIS Light Wavelength Towards Curing Time Performance on Development of Tissue Engineering Scaffold / N.H.A. Ngadiman, R.Z. Abidin, N.I.S. Murizan // Biointerface research in applied chemistry. 2020. Vol. 11(2). P. 8740–8750. DOI: 10.33263/BRIAC112.87408750

4. *Santin M.* The outer influences the inner: Postharvest UV-B irradiation modulates peach flesh metabolome although shielded by the skin / M. Santin, A. Ranieri, M.T. Hauser // *Food chemistry*. 2020. Vol. 338. P. 127782. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127782
5. *Глинченко А.С.* Цифровая обработка сигналов. Версия 1.0: курс лекций / А.С. Глинченко. Красноярск: ИПК СФУ, 2008. URL: [http://optic.cs.nstu.ru/files/Lit/Image/u\\_lectures.pdf](http://optic.cs.nstu.ru/files/Lit/Image/u_lectures.pdf) (дата обращения: 07.11.2020).
6. *Шепелев В.А.* Солнечно-слепые датчики УФ-излучения на основе природного алмаза 2а-типа / В.А. Шепелев, А.А. Алтухов, В.С. Фещенко / ООО «ПТЦ УралАлмазИнвест». 2014. URL: <http://book.sarov.ru/wp-content/uploads/10-molodej-2012-102.pdf> (дата обращения: 07.11.2020).