

данные в пакет прикладных программ MATLAB посредством использования COM-порта.

COM-порт является стандартным интерфейсом для передачи данных между устройством и компьютером. Он встроен в архитектуру микроконтроллеров, что делает его удобным и доступным для использования. Кроме того, скорость передачи данных COM-порта достаточна для многих задач, связанных с передачей информации между устройствами, особенно при использовании микроконтроллеров, где передается небольшой объем данных. Использование COM-порта обосновано его наличием в микроконтроллере, а также совместимостью со многими устройствами и достаточной скоростью передачи данных для конкретных потребностей [6].

С точки зрения сбора данных ESP32 подходит, благодаря своей высокой производительности, низкому энергопотреблению и широкому возможностям подключения различных устройств [2].

Данный микроконтроллер позволяет с легкостью оцифровывать аналоговые сигналы, работать с датчиками, передавать собранные данные как по проводным, так и по беспроводным сетям, что делает его идеальным выбором для создания различных устройств сбора информации, таких как датчики окружающей среды, системы мониторинга, умные дома и т.д. Низкое энергопотребление ESP32 также позволяет создавать устройства с длительным сроком работы от батареи, что важно для автономных систем и устройств IoT [2,3].

С учетом вышеперечисленных характеристик, ESP32 является современным и многофункциональным микроконтроллером, который отлично подходит для сбора данных в различных областях научных и инженерных исследований.

Математический пакет MATLAB в свою очередь является продвинутым, современным программным обеспечением, позволяющим выполнять обработку большого количества данных, в том числе в режиме реального времени [5,8].

#### Заключение

Результаты исследования позволяют сделать вывод о значимости и возможности использования системы для сбора данных с перспективой последующей обработки.

Полученные данные в рамках исследования позволяют провести первичный анализ с перспективой оптимизации и улучшения данной системы, что имеет большое значение в исследуемой области.

Использование представленной системы может быть полезно для анализа работы различных систем, таких как системы мониторинга и управления, автоматизированные производственные системы и др. Программа может быть также полезна для обучения и исследований в области контроля и автоматизации.

Область дальнейших исследований очень обширна и может включать в себя: расширение функционала системы, оптимизацию алгоритмов сбора данных.

В свою очередь, наличие у микроконтроллера различных современных интерфейсов передачи данных открывает большие возможности для дальнейших исследований данного микроконтроллера в области сбора данных.

В дальнейшем также планируется развитие программы для работы с большим объемом данных и повышения ее удобства использования.

#### Список литературы

1. Колетвинов Д.С., Мельникова А.А., Борзилов К.В. // Молодой ученый. 2020. № 3 (293). С. 157-159.
2. ESP32 Series Datasheet. Version 4.4 Espressif Systems. [Электронный ресурс]: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf) (дата обращения: 23.12.2023).
3. Руководство по микроконтроллеру ESP32 [Электронный ресурс] URL: <https://randomnerdtutorials.com/projects-esp32/> (дата обращения: 20.12.2023).
4. Лазарев Ю.Ф. Начала программирования в среде MatLAB: учебное пособие. К.: НТУУ «КПИ», 2003. 424 с.
5. Васильев А.Н. MATLAB. Самоучитель. Практический подход. 2-е изд. СПб.: Наука и Техника, 2015. 448 с.
6. Гук М. Аппаратные интерфейсы ПК. Энциклопедия. СПб.: Питер, 2002. 528 с.
7. Цифровая обработка сигналов / А.Б. Сергиенко. СПб.: Питер, 2003. 608 с.
8. Потемкин В.Г. Система инженерных и научных расчетов matlab 5.x: В 2-х т. Том 1. М.: Диалог-МИФИ, 1999. 364 с.
9. Educational project. Basic mathematical operations library in C language [Электронный ресурс]. URL: <https://github.com/sashaul/math.h> (дата обращения: 25.12.2023).
10. Arduino API. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.arduino.cc/learn/programming/reference/> (дата обращения 10.01.2024).

### ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ АНАЛИЗА СТОЧНЫХ ВОД

Бадеев В.А., Мурашкина Т.И.

*Пензенский государственный университет,  
Пенза, e-mail: vladbadeev4464@gmail.com,  
timurashkina@mail.ru*

На Земле запасы воды составляют 1386 миллионов кубических километров, 35 миллионов кубических километров, из которых являются пресной водой (около 2,5%). Около 3900 миллиардов кубических метров пресной воды ежегодно потребляется в мире, в месте с тем примерно половина данного объема используется безвозвратно, а другая половина превращается в сточные воды [1]. Установлен факт ежегодного мирового сброса свыше 420 кубических километров сточных вод [2, 3].

Для того, чтобы сократить потребление природной воды разрабатываются меры, предусматривающие очистку сточной воды, ее повторное, использование охлаждения оборотной воды и т.п.

Сточные воды существенно загрязнены такими веществами как: нефтепродуктами, биогенными соединениями, неорганическими солями, токсичными веществами, различными примесями, оставшимися от промышленных производств и многими другими [4]. Необходимо проводить постоянный анализ загрязнения стоков воды промышленной зоны на содержание сульфатов, хлоридов, радиоактивных элементов, нитратов, токсичных металлов, бактерий и прочих загрязнителей, который позволит оценить степень ее загрязнения и возможность дальнейшего повторного применения или в технических целях [5, 6].

Особое место среди различных способов анализа широкое применение получили оптические методы, например такие как: а) турбидиметрия (метод, основанный на измерении количества света, поглощаемого мутными растворами); б) метод анализа по спектрам комбинационного рассеяния света (основанный на изучении явления рассеивания световых лучей); в) нефелометрия (анализ вещества по интенсивности светового потока, основанный на использовании явлений отражения или рассеивания света частицами, взвешенными в растворе); г) люминесцентный/флуоресцентный анализ (основанный на флуоресценции веществ, облученных ультрафиолетовым светом, и измерении интенсивности излучаемого ими видимого света) и т.п. [7, 8].

Наибольшее распространение среди оптических методов получили рефрактометрические способы определения качества или состава жидкости по коэффициентам преломления [9-12]. В частности, нашел широкое применение рефрактометрический метод, который основан на прохождении света через две призмы, между которыми помещаются капли исследуемой жидкости. Коэффициент преломления при этом определяется по границе раздела света и тени, наблюдаемой в зрительной трубе [9]. Но при измерении предельного угла по границе света и тени данным способом, возникает недостаточно четкая картина для высокоточных измерений, приводя к погрешности определения коэффициента преломления.

Применяется так же рефрактометрический анализ определения коэффициента преломления жидкости, который основан на использовании зависимости показателя преломления бинарной смеси, включающую растворитель и исследуемый компонент. Данную смесь заливают в тонкостенную призматическую кювету или в призматическую выемку в материале с известным коэффициентом преломления. И далее искомый коэффициент преломления определяется по углу отклонения луча [10].

Дороговизна устройства из-за изготовления призматической кюветы со строгими геометрическими параметрами; значительное вре-

мя проведения измерений из-за необходимости размещения жидкости в призмах; малая чувствительность и низкая точность измерения – все это недостатки данных методов исследования жидкостной среды.

Существует метод измерения показателя преломления, основанный на явлении ПВО на плоскости соприкосновения оптического элемента с исследуемым веществом [11]. В данном случае измерения предельного угла проводится по границе света и тени, и которая из-за ее нечеткости приводит к погрешностям определения коэффициента преломления.

Большую известность приобрел волоконно-оптический рефрактометр, основным элементом которого является погружной зонд. Световой поток от светодиода передается на входную грань рабочей призмы полного внутреннего отражения через осветительный волоконно-оптический жгут. Отраженный поток через объектив и волоконно-оптический жгут передается на линейку ПЗС, где формируется граница «свет-тень» на рабочей грани оптической призмы, контактирующей с исследуемым раствором [12, 13].

Данное устройство не лишено недостатков: а) большие размеры, включая призмы, требуют большого объема исследуемой жидкости; б) низкая технологическая конструкции устройства в виду того, что для обеспечения точности измерения, углы призмы должны быть изготовлены с высокой точностью, ее грани должны быть отполированы с допуском, не превышающим четверть длины волны источника излучения; в) возникновение аддитивных погрешностей, обусловленных отклонениям светового потока из-за неточной юстировки оптической системы, а относительную площадь тени вычисляют по отношению незасвеченных светочувствительных элементов ПЗС-матрицы к их общему числу; г) использование нескольких волокон, жгута волокон, удорожает конструкцию.

В связи с вышесказанным необходимы новые подходы для определения качества или состава сточных вод с помощью рефрактометрических измерительных преобразователей, в которых должны быть устранены перечисленные недостатки.

Цель работы – разработка простых высокоточных волоконно-оптических измерительных преобразователей для проведения анализа качества или состава водных сред.

#### Методы и подходы

Для достижения поставленной цели в работе [14] предложен рефрактометрический волоконно-оптический измерительный преобразователь, реализующий новый рефрактометрический способ преобразования оптических сигналов и обеспечивающий измерение показателей преломления жидкостей, качество которых определяется.

### Результаты исследования

Разработана простая конструкция волоконно-оптического измерительного преобразователя (ВОИП), реализующего новый рефрактометрический способ (рисунок 1).

ВОИП содержит прозрачную цилиндрическую трубку 1 с жидкостью 2. Трубка с жидкостью крепится в корпусе 3, в котором с некоторым зазором  $l_1$  относительно нее расположены подводящее оптическое волокно 4 и с некоторым зазором  $l_2$  – отводящие оптические волокна 5 и 6. Причем оптическая ось подводящего оптического волокна 4 перпендикулярна продольной оси трубки 1. Оптические оси отводящих

оптических волокон 5 и 6 расположены коаксиально оптической оси подводящего оптического волокна 4.

Приемный торец подводящего оптического волокна 4 состыкован с источником излучения – например, светодиодом (на рисунке не показан) [15]. Излучающие торцы отводящих оптических волокон 5 и 6 состыкованы с приемниками излучения – например, фотодиодами (на рисунке не показаны).

Внешний и внутренний лучи света на выходе из излучающего торца подводящего оптического волокна 4 направляются на трубку с жидкостью. Лучи света падают на поверхность трубки 1 под углами  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  (рисунок 2).

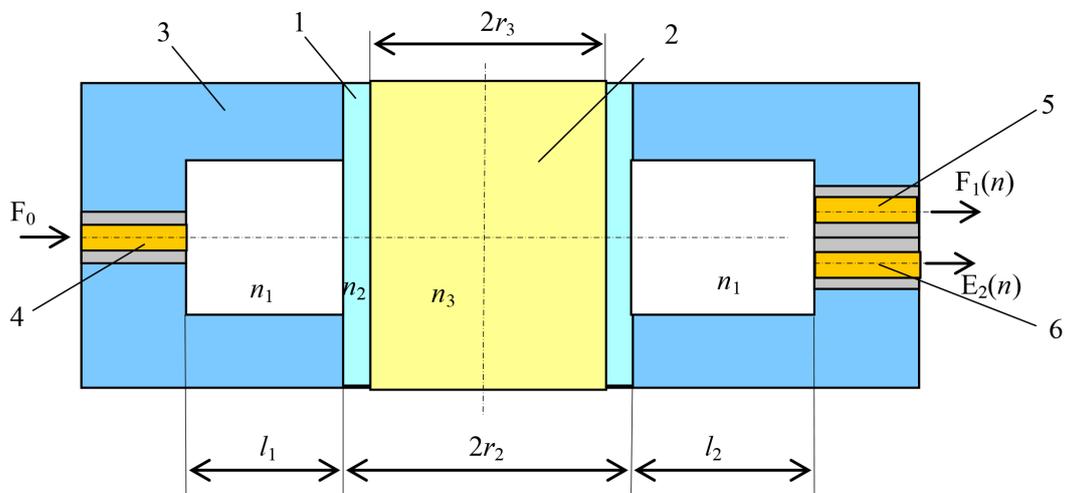


Рис. 1. Упрощенная конструкция волоконно-оптического измерительного преобразователя, реализующего новый рефрактометрический способ

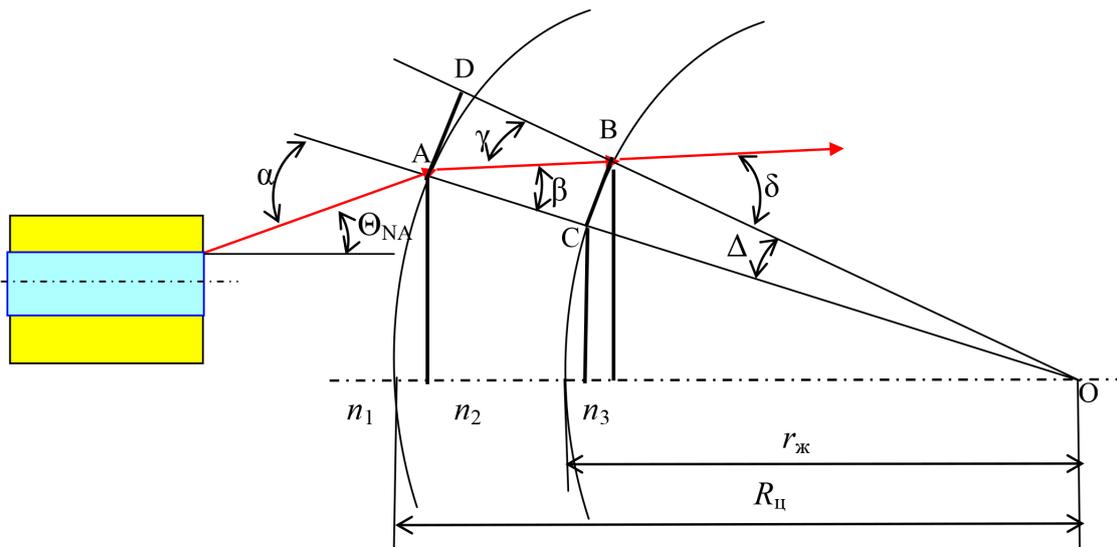


Рис. 2. Преобразования светового потока на границах сред волоконно-оптического измерительного преобразователя (на входе в трубку)

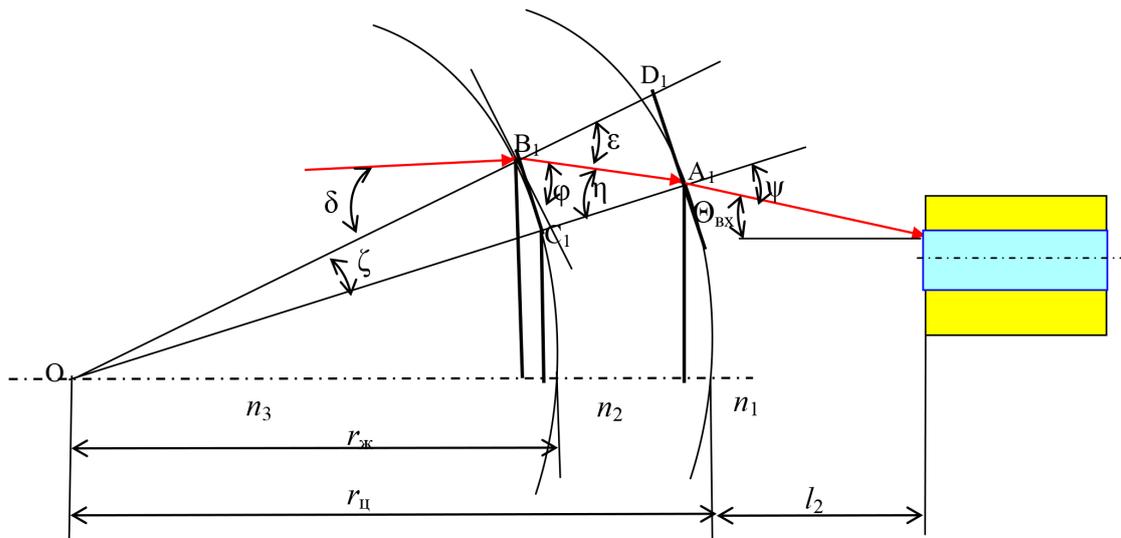


Рис. 3. Преобразования светового потока на границах сред волоконно-оптического измерительного преобразователя (на выходе из трубки)

На рисунке 2 показан один крайний луч, второй луч на выходе из подводящего оптического волокна идет ему параллельно. В соответствии с законом Снеллиуса эти лучи преломляются (точка А), так как коэффициенты преломления материала трубки 1 и жидкости 2 различны. Далее под углами  $\beta_1$  и  $\beta_2$  преломленные лучи проходят через материал трубки и падают на внутреннюю поверхность трубки 1 под углами  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  (точка В). Так как материал трубки более плотный, то его коэффициент преобразования  $n_2$  больше, чем коэффициент преломления воздуха (или другого газа)  $n_1$ , расположенного между торцом подводящего оптического волокна и трубкой 1. На входе в жидкость лучи света преломляются под углами  $\delta_1$  и  $\delta_2$ , проходят через жидкость 2, вторично падают на противоположную внутреннюю поверхность трубки 1 под углами  $\delta_1$  и  $\delta_2$  (точка В) (рисунок 3).

Здесь преломляются и под углами  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$ , поступают на вторую внешнюю поверхность трубки 1 под углами  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  (точка  $A_1$ ), далее преломляются на противоположной внешней поверхности трубки под углами  $\psi_1$  и  $\psi_2$ . На выходе из трубки лучи идут в направлении отводящих оптических волокон 6 и 7 и поступают на их приемные торцы под углами  $\Theta_{\text{вх}1}$  и  $\Theta_{\text{вх}2}$  соответственно.

Верхняя часть светового потока поступает по верхнему отводящему оптическому волокну 5 на первый приемник излучения. На второй приемник излучения поступает нижняя часть светового потока по нижнему отводящему оптическому волокну 6. На приемниках излучения оптические сигналы преобразуются в электрические сигналы. Изображение излучающего торца подводящего оптического волокна 5 в плоскости, где расположены приемные торцы отводящих оптических волокон 6 и 7, меняет свой контур и, соответственно, площадь, при изменении показателя преломления жидкости.

По изменению сигналов с выхода приемников излучения определяют коэффициент преломления жидкости  $n_3$  по формуле:  $n_3 = k_0 n_0$ , где  $k_0$  – коэффициент пропорциональности, равный отношению уровня сигнала с выхода одного из приемников излучения при наличии в трубке калибровочной жидкости (например, дистиллированной воды) к уровню сигнала того же приемника излучения при наличии в трубке сточной воды с измеряемым коэффициентом преломления  $n_3$ .

Параметры преобразователя связаны выражениями [13]:

$$\Theta_{\text{вх}} \approx \psi + \arcsin \left[ \frac{(l_2 + \frac{2r_c}{\text{tg}\Theta_{\text{НА}}}) \sqrt{2(1 - \cos\psi)}}{r_{\text{ц}}} \right] \leq \Theta_{\text{НА}}, \quad (1)$$

где  $\psi = f(n_1, n_2, n_3, r_1, r_2, l_1)$ , где  $n_1, n_2, n_3$  – коэффициенты преломления среды между оптическими волокнами и внешней поверхностью трубки, материала трубки, жидкости внутри трубки;  $r_1, r_2$  – внешний и внутренний радиусы трубки.

Применение двух отводящих оптических волокон позволяет реализовать двухканальное преобразование оптических сигналов, что снижает дополнительные погрешности от воздействия внешних влияющих факторов (например, от изгибов оптических волокон, изменения мощности источника излучения при изменении температуры и пр.) [14].

Предлагаемый ВОИП, реализующий новый рефрактометрический способ преобразования сигналов, позволяет повысить чувствительность преобразования оптических сигналов за счет снижения потерь светового потока в микрометрическом оптическом тракте; повысить точность измерения показателя преломления; упростить конструкцию и повысить технологичность оптической системы преобразователя.

Научная значимость работы состоит в:

- повышении достоверности диагностики качества жидкостных сред, как природного, так и техногенного происхождения, за счет использования оптических диагностических признаков – изменения показателя преломления жидкости относительно стандартных образцов конкретного типа жидкости, которые невозможно точно и быстро определить известными средствами измерений;

- определении физико-технических и оптических закономерностей функционирования волоконно-оптических микросистем и базовых ВОИП, основных элементов систем анализа, диагностики и мониторинга качества жидкостных сред.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-10017.*

#### Список литературы

1. Данилов-Данильян В.И. Водные ресурсы мира и перспективы водохозяйственного комплекса России. М.: ООО «Типография ЛЕВКО», Институт устойчивого развития / Центр экологической политики России, 2009. 88 с.
2. Матвеев Ю.И., Малов Н.Д., Корнеев О.Ю., Музалевский А.А., Рыбалко А.Е. Проблема комплексного мониторинга природной среды акваторий и береговой черты Северо-Запада России и формы реализации его результатов в системах принятия решений // Международный экологический конгресс «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности». Доклады. Т. 2. СПб., 14–16 июня 2000 г. С. 112.
3. Зыков В.Н. Метрологические основы систем экологических измерений // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2009. № 1. С. 60-68.
4. Музалевский А.А. Экологическая безопасность и методы ее обеспечения: учебное пособие. СПб.: РГМУ, 2020. 230 с.
5. Что такое анализ сточных вод для предприятия и какие методы исследований используются? URL: <https://ovode.net/vodosnabzhenie/analiz/stochnyh-dlya-predpriyatiya> (дата обращения: 06.02.2024).
6. Балабанов В.И., Журавлева Л.А., Мартынова Н.Б. Инженерная защита окружающей среды: учебник М.: ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2022. 233 с.
7. Иванкин А.Н., Олиференко Г.Л., Беляков В.А., Вострикова Н.Л. Физико-химические методы анализа. Спектрометрия: учеб. пособие. М.: МГУЛ, 2016. 127 с.
8. Райхбаум Л.Д. Физические основы спектрального анализа. М.: Наука, 1980.
9. Волкова Г.В. Световодный рефрактометрический датчик контроля химического состава жидких сред: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2004. 145 с.

10. Латышенко К.П. Мониторинг загрязнения окружающей среды: учебник и практикум для среднего профессионального образования. М.: Юрайт, 2019. 375 с.

11. Волков Р.И., Федоров Э.И. Патент на изобретение РФ №2292038. Способ измерения показателя преломления и устройство для его реализации. Оpub. 20.01.2007.

12. Акмаров К.А., Артемьев В.В., Белов Н.П. и др. Промышленные рефрактометры и их применение для контроля химических производств // Приборы. 2012. № 4 (142). С. 1-8.

13. Бадеев В.А., Мурашкина Т.И. Микрорефрактометрический измерительный преобразователь для определения качества жидкостных сред // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2023. Т. 1. С. 474-476.

14. Бадеева Е.А., Бадеев В.А., Мурашкина Т.И., Серебряков Д.И., Хасаншина Н.А., Васильев Ю.А., Кукушкин А.Н. Патент на изобретение РФ 2796797 С2, Волоконно-оптический способ определения коэффициента преломления прозрачного вещества и реализующий его волоконно-оптический рефрактометрический измерительный преобразователь. Оpub. 29.05.2023.

15. Мурашкина Т.И., Бадеева Е.А. Волоконно-оптические приборы и системы: Научные разработки НТП «Нанотехнологии волоконно-оптических систем» Пензенского государственного университета Ч. 1 / СПб.: Политехника, 2018. 187 с.

## ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ КИБЕРИММУНИТЕТА

Кириянов С.Г.

*Российский экономический университет  
им. Г.В. Плеханова, Москва, e-mail: kslav@list.ru*

В истории существует извечное противостояние средств защиты и средств нападения. Кто-то изобретает новую форму наконечника копья, и в противовес этому кто-то придумывает новую многослойную броню. Такой порядок сохранялся на протяжении веков, и сегодняшний день не стал исключением. Сменился лишь вид этого противостояния. Вместо копий – различные вредоносные программы, вместо брони – системы защиты. Сегодня, для обеспечения информационной защиты, уже недостаточно просто настроить антивирус и брандмауэр. Атаки на информацию становятся все более и более продуманными, многоэтапными и полномасштабными. И в противовес этому необходимы новые, свежие подходы к решению вопросов информационной безопасности, как частного лица, так и компаний и, разумеется, государства.

В России, на данный момент, кибериммунный подход разрабатывается и продвигается преимущественно «Лабораторией Касперского». В остальном мире по данному направлению не ведутся активные разработки, по крайней мере в открытом виде.

Лаборатория Касперского начала разработку данной концепции еще в далеком 2002 году. А к 2022 компания уже представила первое устройство, реализующее данный взгляд на построение системы информационной безопасности (ИБ). Представленное устройство представляет из себя защищенный шлюз “Kaspersky IoT Secure Gateway” для обеспечения безопасного соединения интернета вещей с глобальной