

# Луча невидимая нить

Отечественная технология лазерной связи

открывает новые перспективы в космосе и на земле



Действующий макет беспроводной линии лазерной связи буквально заворожил посетителей выставки «Беларусь интеллектуальная». Казалось бы, что тут особенного? Монитор, на котором крутится фильм, и тут же на столе приемник и передатчик, неотрывно, как пара влюбленных, смотрящие друг на друга. Но люди поняли и оценили те перспективы, которые за этим стоят. Подходили, спрашивали, кто-то даже шутил: «Может быть, мне такую связь у себя на даче устроить?»

**И** вправду соблазнительно. Ни тебе канаву рыть, ни кабель прокладывать, а скорость, как у самой быстрой волоконной оптики. Да вот незадача: ретивому дачнику пришлось бы занять на околоземной орбите собственный спутник, на который с земли – тоже лазером – подавалась бы информация. Проще уж в небе звезду.

– Лазерная связь интуитивно понятна народу, – убежден академик, доктор физико-математических наук, генеральный директор ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника» Национальной академии наук Беларуси Николай Казак. – Через глаза с помощью оптического излучения мы получаем 80 % сведений о мире. Лазер – это оптика, с его помощью открываются новые возможности передачи информации.

Связь посредством света известна еще со времен Древней Греции, напоминает ученый. По цепочке, один за другим, разжигали сигнальные костры, и весть – добрая или дурная – в считанные минуты разлеталась на большие расстояния. Гораздо эффективнее, надежнее и быстрее, чем бегущий марафонец.

Николай Станиславович когда-то мечтал стать археологом, и прошлое живет в его душе рядом с будущим. А если смотреть из прошлого и даже из сегодняшнего дня, лазерная связь – это самое настоящее волшебство. Невидимый и неосязаемый луч без цвета и запаха, без нагрева переносит терабайты информации на сотни, а потенциально на многие тысячи километров из точки А в точку Б.



Действующий макет лазерной связи, представленный на выставке «Беларусь интеллектуальная», позволяет проследить, как информация передается с помощью лазерного луча

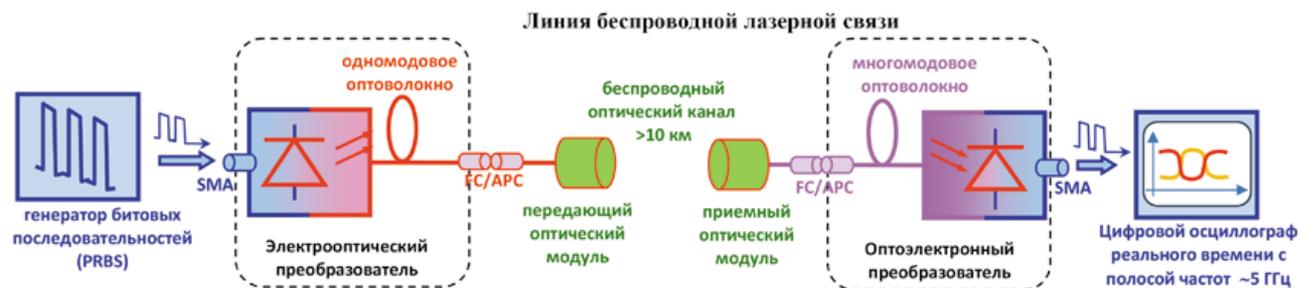
– Лазерная связь – это не бытовое, – вносит ясность кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией радиофотоники Александр Чиж.

Именно он мой Вергилий по неправдоподобно длинным коридорам ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника». И он же лидер команды ученых, которая под кураторством академика Николая Казака занимается разработкой отечественной технологии лазерной связи.

Любопытно, что радиофотоника – это не только и не совсем о лазерах. Это наука о генерации, обработке и передаче СВЧ-сигналов с помощью оптоэлектронных методов. Причем СВЧ-сигнал – вовсе не запах перегретого кетчупа, как подумает далекий от

физики человек. Это гигабитный поток информации, по оптоволоконным линиям связи устремляющийся в наши квартиры и офисы. Здесь, в конечной точке, небольшой прибор под названием модем его демодулирует: превращает в нолики и единички. Потому как в основе всего – стародавний принцип кодирования «точка-тире, точка-тире», воплощенный еще в азбуке Морзе. С той лишь разницей, что в цифровую эпоху он превратился в двоичный код «0-1», и на эти мельчайшие кирпичики разбирается (а потом собирается в том же порядке) музыка, кино, фотоснимки, наше сетевое общение с друзьями.

При оптической же передаче единица – свет, ноль – тьма, и перекрывать свет нужно часто – миллиарды раз в секунду.



Соответствующие приборы в лаборатории Александра Чиж разработаны и успешно действуют. СВЧ-сигнал в точке А поступает на специальный модуль и превращается в невесомый, но наполненный информацией лазерный луч. В точке Б его поджидает особый фотодиод: ловит, преобразует в СВЧ и направляет к конечному потребителю.

Собственно, это и наблюдали посетители на выставке «Беларусь интеллектуальная».

***Через глаза с помощью оптического излучения мы получаем 80 % сведений о мире. Лазер – это оптика, с его помощью открываются новые возможности передачи информации.***

Демонстрационный макет, с помощью которого ученые знакомят людей со своей разработкой, устроен просто и элегантно: между передатчиком и приемником невидимой тетивой натянут лазерный луч, по которому на монитор передается красивый, в высоком качестве видеофильм. Перегораживаешь ладонью – кино сразу зависает, убираешь – возобновляется. Такова сущность лазерного луча. В отличие от обычного света, он узко направлен и почти не рассеивается.

Для визуализации невидимого лазерного луча Александр Чиж с помощью специального приборчика подмешивает к нему лазерный луч. Если подставить белый лист бумаги, на нем ярко горит красное пятно.

– Лазерные источники отсутствуют в природе, – уверяет Николай Казак. – По крайней мере, они неизвестны. Может быть, где-то в дальнем космосе.

Лазер – исключительное творение ума и рук человеческих.

Сто лет назад его появление пророчески предвидел не столько Эйнштейн, сколько русский писатель Алексей Николаевич Толстой в своем романе «Гиперболоид инженера Гарина». Он же в одной из записных книжек предрек лазерную связь: «Ультрафиолет[овый] луч – вместо электрич[еского] провода». Поистине, великие идеи носятся в воздухе. Весь фокус в том, чтобы воплотить их в реальность.

Но реальность сопротивляется. Первым делом она задает вопрос: «Зачем?»

– Хотя бы затем, что эту технологию нам не продадут, – отвечает Александр Чиж.

Коль не продадут, значит, действительно ценная. А ценной она является только потому, что дает своему обладателю истинные и богатые преимущества. Какие?

Возьмем, к примеру, космос.

– Сегодня у нас один спутник – «БелКА», – рассказывает Николай Казак. – Но прорабатываются предложения запустить новый, более совершенный космический аппарат с высоким пространственным разрешением.

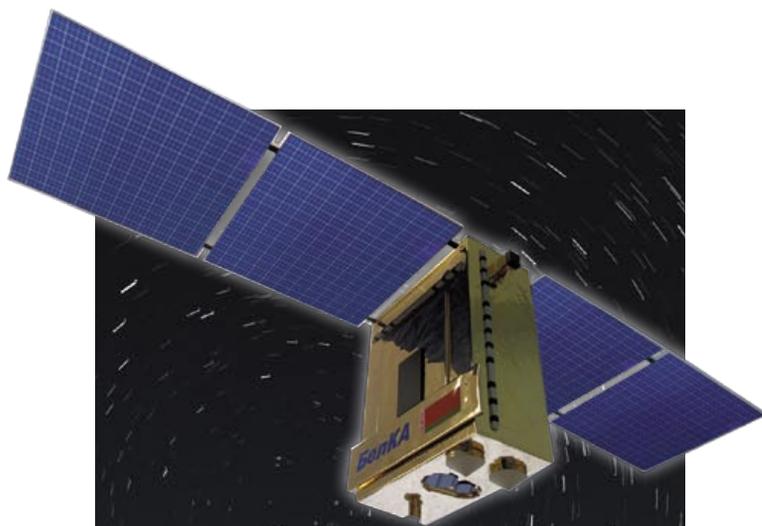
Облетая нашу планету на установленной для него высоте, он сможет делать снимки земной поверхности с разрешением до 30 сантиметров. При таком качестве легко читаются даже номера автомобилей. Для сравнения: «БелКА» фотографирует с разрешением 2,1 метра в черно-белом варианте и 10,5 метра в цветном. Нетрудно подсчитать, во сколько раз увеличится «вес» информации, струящейся на землю. Значит, возрастет и нагрузка на связь, а оптическое волокно в космосе не проложишь.

***«Прорабатываются предложения запустить новый, более совершенный космический аппарат с высоким пространственным разрешением».***

Радиосвязь же страдает многочисленными и зачастую неисправимыми недостатками.

Во-первых, относительно низкая скорость передачи данных. Еще недавно она составляла 160 бит/с – всего-то в четыре раза быстрее, чем скорость набора текста профессиональной машинисткой, и в 300 раз медленнее давно канувшего в Лету телефонного модема.

«БелКА» передает информацию на Землю со скоростью порядка 300 Мбит/с, втрое опережая по этому параметру привычную нам мобильную связь стандарта 4G. При нынешней производительности вполне достаточно. А если «вес посылок» удвоится или, того гляди, удесятится?



Между спутником «БелКА»  
и параболической антенной  
на крыше Объединенного института  
проблем информатики налажена  
устойчивая радиосвязь



Учтите при этом, что скачивание информации со спутника необходимо завершить в считанные минуты, пока он пролетает над «своей» антенной. Минчане, кто постарше, помнят, как в октябре 2005 года на крыше Объединенного института проблем информатики Национальной академии наук по улице Сурганова воздвигли уникальное радио-зеркало диаметром 9 метров и массой 15 тонн, позволяющее оперативно получать данные дистанционного зондирования земли.

«БелКА» привязана к этому зеркалу, как птичка к кормушке. Но не может же она зависнуть... хотела написать «в воздухе». Неумолимая сила инерции, мудро уравновешенная силой тяжести, мчит ее по орбите вперед и вперед. Пока времени хватает, но грядут новые спутники и новые объемы информации, и тут-то лазерная связь с уже достигнутой скоростью 40 гигабит в секунду (более чем в 100 раз превышающей нынешнюю!) будет как нельзя кстати.

Еще один недостаток радиосвязи – чрезмерная открытость, ведь по самой своей природе она распространяется во все стороны.

– Сигнал от белорусского спутника покрывает пол-Минска, – рассуждает Николай Казак. – При наличии соответствующего оборудования можно усестись в каком-нибудь укромном уголке и преспокойно воровать информацию.

Кстати, и оптоволокно, несмотря на твердую стеклянную оболочку, в этом отношении достаточно уязвимо.

– Открыл люк, спустился в коммуникационный колодезь, оголил оптоволоконный кабель, нашел нужную жилу, дотронулся до нее маленькой призмой, «увел» и зарегистрировал часть излучения, – со знанием дела рассказывает Николай Станиславович.

Остается только уповать на шифрование. Ученые уверяют, что оно сегодня достаточно надежное, но нет такого шифра, который при очень большом желании нельзя было бы взломать.

Чем качественнее снимки, тем они во всех отношениях дороже, тем сильнее соблазн. Особенно в ситуации, когда напряжение в мире с каждым днем растет. Неприятнее всего, что если кража случится, никто ее даже не заметит.

Иное дело – лазерный луч. Его ни глазом не увидишь, ни кусочек от него не отщипнешь. Устремленный из точки А в точку Б, он не огибает препятствий, не гнется, не ломается и ни в какую третью точку прийти в принципе не может. Перехватить его – значит перегородить, а это мгновенно останавливает передачу. Как на макете: подставил ладонь – и фильм завис. Дальше сработает автоматика, и воришка, даже если он нащупал луч, уйдет несолоно хлебавши.

Потому лазерная связь – это связь скрытная, что крайне выгодно отличает ее от привычных технологий передачи данных.

Еще одно очевидное преимущество: она не требует лицензирования.

– Радиодиапазон – ограниченный ресурс, – поясняет Александр Чиж. – Чтобы передавать данные со спутника или самолета посредством радиосвязи, частоту нужно лицензировать, иначе говоря, покупать.

### «Сегодня лазерные линии связи уже используются».

Это не только бюрократическая волокита, дополнительные расходы и лишний риск рассекречивания, но и опасность того, что в конечном счете ресурс исчерпается.

– Радиочастоты и так физически почти все заняты, – подчеркивает Александр Чиж.

Да, весь их диапазон простирается примерно до 40 гигагерц, но в атмосфере существует единственное маленькое окно прозрачности, в котором радиоволны почти не затухают.

Окно прозрачности в атмосфере (красивый термин, не так ли?) имеется и у лазерных лучей.

– Накопилось немало данных, как распространяется лазерное излучение, и мы ими просто воспользовались, – поясняет Александр Чиж. – Потому-то для своих приборов мы с ходу выбрали правильный диапазон. А если отправить нас в 1980-е годы, когда уже вовсю обсуждалась идея лазерной связи, нам пришлось бы с нуля исследовать прозрачность атмосферы. Как быть, если туча? А если туманы? А верхние облака?



Доктор физико-математических наук, академик Николай Казак руководит работой по созданию отечественной технологии лазерной связи

Большинство этих проблем уже решены, но со снегом и дождем пока остаются вопросы.

– Сегодня лазерные линии связи уже используются, – улыбается Николай Казак. – В каком виде? Например, между двумя небоскребами, где много офисов. Но только в тех краях, где нет зимы и круглый год хорошая погода.

Добавим сюда чистый воздух на высоте, отсутствие автомобильных выхлопов и болотных испарений.

Как поведет себя лазерная связь в дождь или в снег, специалисты пока толком не знают. Возможно, передачу данных со спутника придется приостановить и ждать, пока осадки прекратятся.

Впрочем, ученые настроены оптимистично.

– Для инфракрасного излучения снег и метель не такая уж проблема, – убежден Александр Чиж. – Там нет линии поглощения воды. Как рассеяние скажется, пока трудно предположить.

Вообще же, лазерная связь считается помехоустойчивой – в том смысле, что ее не собьешь ни грозой, ни глушилкой. Но в атмосфере случаются и другие препятствия, о которых спрашивают люди: «А если птица, самолет?»



Научные сотрудники лаборатории радиопластики ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника» Александр Лебедев, Даниил Сидлеров и Владислав Шестаков – мастера на все руки

Как объясняют ученые, вреда ни для связи, ни для пернатых не будет.

– Птица может помешать, но это помеха кратковременная. Связь сразу же восстанавливается, – говорит Александр Чиж.

Что же касается вредности для самолетов и людей, скажем прямо: нас пугает само слово «лазер». Мы привыкли, что он жжет, режет, может ненароком ослепить.

И действительно, человечество придумало для лазерного луча массу самых разных применений: лазерная резка, лазерная хирургия, лазерные диски... Но возможным это стало только потому, что под каждую потребность делался и делается «свой» лазер.

– Их существует несколько тысяч видов, – просвещает Николай Казак. – Твердотельные, жидкостные на растворах красителей, органических и неорганических соединений, газовые, на основе плазмы.

Причем у каждого свой диапазон излучения – от ультрафиолета до далекой инфракрасной области. Некоторые, особо хитроумные, способны перестраивать длину волны.

Наконец, такой важный параметр, как продолжительность сигнала. Непрерывный лазер светит и

светит, как будто лампы включили. Импульсный же за триллионную долю секунды расщепит пигмент на атомы, так что от татуировки не останется и следа, или же раздробит скалу в пыль.

Понятно, что лазерной связи подобные подвиги не имеют ни малейшего отношения. Используемый инфракрасный диапазон – 1,55 микрона – не только невидимый, но и абсолютно безопасный для глаз.

– Повредить он может только при огромной мощности, при которой происходит нагрев, – заверяет Александр Чиж. – Но в том-то и фокус, что для передачи информации на многие и многие километры используется лазер с мощностью не более 100 милливатт. А когда мы впервые задумались о лазерной связи, речь шла о киловаттах.

Киловатт лазерного излучения – это 10 киловатт источника электропитания, поясняет ученый. Где на спутнике столько возьмешь, если полезная мощность установленных на нем солнечных батарей не более 500 ватт? А ведь нужно еще «накормить» и другую аппаратуру, ради которой, собственно, он и отправлен в космос.

Вот одна из главнейших причин, почему замечательная во всех отношениях идея лазерной связи не реализовалась ранее.

– Для этого должны были подоспеть сразу несколько технологий, – уточняет Александр Чиж. – В частности, современные лазерные диоды, у которых очень хороший коэффициент эффективности – десятки процентов – по сравнению с традиционными.

А еще нужны оптические устройства, которые позволили бы создавать нерасходящийся лазерный пучок. Самая сущность и задача этой связи – генерировать луч, который на протяжении десятков, а возможно, сотен километров не будет расширяться в разные стороны.

Совсем не расходящихся лазерных пучков не бывает, поэтому цель в том, чтобы свести расхождение к минимуму.

Диаметр луча, используемого для лазерной связи, равняется, по словам ученого, нескольким десяткам сантиметров. При его передаче посредством классической оптики расхождение составляет 1 метр на 1 километр. Иными словами, если наш воображаемый спутник находится на орбите высотой 100 километров, понадобится приемный объектив диаметром 100 метров.

С помощью специально разработанной системы объективов эту сложнейшую проблему удалось решить. Кстати, нерасходящийся луч также позволяет экономить энергию, снижая ее непроизводительное потребление до минимума.

Разработана и система наведения, чтобы сигнал вначале проходил (ученые называют это первичным согласованием), а затем стабилизировался (удержание оптической оси).

– По частям, по кусочкам все, что касается лазерной связи, нами уже разработано, – с гордостью говорит Александр Чиж. – И все вместе мы сложили, проверили.

Конечно же, остаются проблемы, над которыми ученые продолжают работать. Хотелось бы, в частности, уменьшить размер и вес объективов, ведь речь идет о спутниках, а тут свои ограничения.

Еще одна проблема, пусть и не настолько фундаментальная, – работоспособность приборов в экстремальных условиях космоса при разбросе температур, допустим, от минус 140 до плюс 150. В любых условиях устройства связи должны рабо-

тать абсолютно надежно, иначе все труды ученых пойдут насмарку.

– Наша аппаратура для дистанционного зондирования природных объектов Земли, установленная на станции «Мир», позволяла определять и заболевания растений в лесах, и состояние сельскохозяйственных угодий, и рыбные косяки в море, – рассказывает Николай Казак. – Она видела даже посевы конопли в горах Памира и тем самым спасала наши страны от наркотического зелья.

Представляю, как горько было ученым, когда эту уникальную аппаратуру вместе со станцией затопили в Тихом океане. Но технологии-то остались, более того – усовершенствовались, так что новые спутники смогут приносить еще больше пользы.

***«Надо сказать свое слово так, чтобы новый вид лазерной связи, который мы в перспективе создаем, превосходил любые уже существующие».***

Если же говорить о совсем уж земных делах, лазерную связь очень ждут в труднодоступных местах, где почти невозможно проложить оптоволокно. Например, в горах, если надо связать точку А с точкой Б или форсировать норовистую реку. После того как препятствие пройдено, можно перенаправить сигнал на Wi-Fi или запустить в оптоволоконную сеть, где он растечется на множество ручейков. Для такого удовольствия даже не нужен спутник, достаточно двух вышек. Пока все упирается в цену вопроса.

И конечно же, горнодобывающие карьеры, где с развитием роботизации все насущнее встает задача обеспечить связь между удаленным пунктом обслуживания и беспилотными самосвалами. А грядут и беспилотные экскаваторы, в том числе белорусского производства.

Такой высокий темп роботизации связан с крайней загазованностью и запыленностью, что представляет угрозу для здоровья работников в карьерах. Они же главное препятствие для внедрения лазерной связи, но и ученые, и шахтеры, и производители техники сегодня над этим напряженно размышляют.

На выставке «Беларусь интеллектуальная» разработка отечественных физиков вызвала живой интерес



Сейчас там Wi-Fi, но с ростом потока данных его станет недостаточно, а о прокладке оптоволоконного кабеля в таких условиях нет и речи.

– Когда я демонстрировал на выставке наш макет, ко мне подходили директора, – признается Александр Чиж. – Потому что для лазерной связи в карьерах есть задача. Там видимость сто, максимум двести метров, но этот туман мы пробьем. В конце концов на земле можно поставить более мощный лазер, и директора соглашаются. Говорят, мы дадим вам энергию.

И конечно же, военные. Они своих задумок не раскрывают, но подходили, спрашивали. Опять-таки вопрос упирается в цену.

– Мы сами изготавливаем свои модули, – поясняет Александр Леонидович. – Но это же не массовое производство. Можем выпускать их сериями, но они все равно будут стоить тысячи белорусских рублей. Это дорого.

Цену способен снизить только дальнейший научно-технический прогресс. А значит, работы у ученых по-прежнему невпроворот, благо традиции в развитии лазерной и оптоволоконной техники в

нашей стране заложены прочные. Достаточно напомнить имена таких ученых, как академики Борис Степанов и Анатолий Рубинов, кандидат физико-математических наук, лауреат Государственной премии СССР и премии Совета Министров СССР Василий Мостовников. Большинство тех, кто трудится в ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника», прямо или опосредованно их ученики. В объединении хорошо помнят, что генерацию лазеров на красителях наши ученые получили практически одновременно с немцами и американцами и даже в самые трудные времена оставались на передовых рубежах мировой науки.

– Тут надо сказать свое слово так, чтобы новый вид лазерной связи, который мы в перспективе создаем, превосходил любые уже существующие, – убежден академик Николай Казак.

И эта цель, безусловно, будет достигнута.

**Юлия АНДРЕЕВА**

**Фото Рамиля НАСИБУЛИНА, из архива БЕЛТА**

■ Проект создан за счет средств целевого сбора на производство национального контента