

зали, что в частотных интервалах  $\omega_H / 2 < \omega < \omega_H < \omega_p$  и  $\omega_H < \omega < \omega_p$  диэлектрический цилиндр может поддерживать поверхностные волны с действительной постоянной распространения. Например, при изменении круговой частоты в интервале  $\omega_H / 2 < \omega < \omega_H < \omega_p$  постоянная распространения поверхностной волны, соответствующая азимутальному индексу  $m = 1$  изменяется в пределах  $6.5 < p < 10.6$ .

Кроме того, было показано, что при наличии в среде радиального переменного монохроматического электрического поля на удвоенной частоте  $\omega$  возможно развитие параметрической неустойчивости встречных поверхностных волн, распространяющихся в противоположных направлениях оси  $z$ . В приближении слабой нелинейности из уравнений гидродинамики было получено выражение для нелинейного тока в магнитоактивной плазме, отвечающего за возникновение нелинейного трехволнового взаимодействия при выполнении между волнами условий пространственно-временного синхронизма. В пространственно-однородном случае из системы уравнений для амплитуд поверхностных волн было получено выражение для инкремента неустойчивости встречных поверхностных волн.

#### Список литературы:

- [1] Kondrat'ev I.G., Kudrin A.V., Zaboronkova T.M. // Electrodynamics of density ducts in magnetized plasmas. – Gordon and Breach, Amsterdam, 1999.
- [2] Kostrov A.V., Kudrin A.V., Kurina L.E., Luchinin G.A., Shaykin A.A., and Zaboronkova T.M. // Physica Scripta. 2000. V. 62, Pt.1, P.51-65.
- [3] Гинзбург В.Л. // Распространение электромагнитных волн в плазме. М.: Наука. 1967.

*Е.Ю. Засыпкина*

*Нижегородский планетарий*

## РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ НАВИГАЦИИ В МОРЕ И В КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Ключевые слова: карта звездного неба, навигационные искусственные спутники Земли

Дан обзор методов навигации, использующих как наблюдения звезд, так и современных спутниковых систем GPS и ГЛОНАСС.

История человеческой цивилизации неразрывно связана с морем и мореплаванием. Древнеегипетские источники возрастом более 4-х тысяч лет упоминают, что уже в то время египтяне вели оживленную торговлю по Нилу и по морю. С той отдаленной поры и возникла надобность в навигации. В переводе с латыни «навигация» означает «мореплавание, судоходство».

Перед древними мореходами стояли те же самые задачи, что и перед современными моряками – это определение своего местоположения и направления движения. Сначала морские торговые пути шли вдоль берегов, и местонахождение судна определялось по береговым ориентирам. В Древней Греции для помощи капитанам была принята система маяков. Александрийский маяк, одно из семи чудес древнего мира, был построен для того, чтобы корабли могли благополучно миновать рифы на пути в александрийскую бухту. При высоте 140 метров маяк был виден с расстояния более 60 км. Со временем морские пути стали пролегать вдали от берегов. А в открытом море ориентиром может служить только то, что видно на небе. Известно, что самые искусные мореплаватели и торговцы античности – финикийцы – в своих плаваниях

ориентировались днем по Солнцу, а ночью – по Малой Медведице и Полярной звезде, поэтому в древности её даже называли Финикийской звездой. Финикийцы свои способы навигации держали в строгой тайне, так как опасались конкурентов.

Но по морям плавали не только финикийцы. Греки тоже активно осваивали берега Средиземного моря, и не только его. В поэме «Одиссея» Гомер, описывая возвращение хитроумного Одиссея на родную Итаку, упоминает известные нам созвездия — Волопас, Орион, Большая Медведица, звёздное скопление Плеяды.

Потребность определять свое местоположение в пространстве привела к появлению первых карт. Однако эти карты, довольно точно описывая отдельные местности, не давали ответа на главный вопрос – в каком месте сейчас находится мореплаватель? Сколько времени ему идти до нужного порта? Неподвижная точка отсчета – звезды – уже была. Теперь требовалось придумать, как обозначить свое положение на карте. Как и многие научные достижения, ответ пришел из античной Греции. Греки, пользуясь своими наблюдениями и сведениями предшественников, нанесли на карты очертания известных к тому времени земель. А для обозначения их местоположения на карту нанесли сетку координат. То есть, изобретение сетки параллелей и меридианов принадлежит древним грекам. Понятие широты и долготы местности возникло опять-таки в Греции в результате наблюдений за положением Солнца и звёзд над горизонтом. Постепенно в науку вошли такие понятия, как горизонт, эклиптика, небесный экватор. Без этих астрономических понятий невозможно определение точных координат и поныне.

Из античных ученых наибольший вклад в формирование основ навигации внесли Эратосфен Киренский и Гиппарх, жившие и работавшие в Александрии. Эратосфен известен тем, что ещё в третьем веке до н.э. очень точно вычислил длину окружности и радиус земного шара. При построении карт Эратосфен применил равнопромежуточную цилиндрическую проекцию, прообраз более поздней меркаторской проекции. Его современник Гиппарх впервые стал использовать градусную сетку, покрыв всю землю параллелями и меридианами. Он же первым предложил определять широту не только по Солнцу, как это делали задолго до него, но и по звёздам. Оба, и Гиппарх, и Эратосфен известны как выдающиеся астрономы, а с именем Гиппарха связывают создание первого звёздного каталога.

Следующий толчок развитию географии и мореходства дали труды более позднего ученого – Птолемея, самого, пожалуй, известного астронома древности. Фундаментальный труд Птолемея «Альмагест» в течение полутора тысяч лет был настольной книгой астрономов многих поколений и стран. Птолемей создал карту мира в конической проекции, где широты измерялись от экватора, а долготы — от самой западной точки известного тогда мира, которой тогда считались Канарские острова.

Заметные изменения в картографии появились только в середине XVI в., когда фламандский картограф Герард Меркатор предложил новый принцип составления карт в равноугольной цилиндрической проекции. С тех пор и до настоящего времени в этой проекции, так и называемой меркаторской проекцией, составляются все морские карты.

Когда после многих веков застоя в Европе наступила эпоха Возрождения – эпоха расцвета искусства, науки, и техники, за ней последовала эпоха великих географических открытий. Новые материки и острова лежали за неизведанными морями. И вновь ориентирами для мореплавателей, среди которых было немало купцов, служили звёзды. Составлялись карты для вновь открытых земель, и... для вновь открытых небес. Петер Планциус, обучавший навигации мореплавателей, отправлявшихся в далекие плавания, был и астрономом, и картографом. Обработывая материалы морских экспедиций того времени, он успешно заполнял «белые пятна» как на земном глобусе, так и на карте южного неба. И то, и другое помогало в пути следующим поколениям путешественников.

Развиваясь из века в век, мореходная астрономия со временем достигла совершенства. Были созданы точные угломерные инструменты, хронометры, составлены морские астрономические справочники.

В XX веке появились радионавигационные системы.

В XXI веке слово «навигация» прочно ассоциируется со словом «спутниковая». Навигационные системы стали удобны и доступны, могут использоваться для определения координат не только судов, но и автомобилей и людей. По мнению сторонников таких методов навигации, как GPS и ГЛОНАСС, выдающийся прогресс в области спутниковой навигации сделал ненужными традиционные средства. Но по законам любой страны все суда, выходящие в море – торговые, военные и спортивные, парусные и моторные – обязаны иметь на борту полный набор традиционных средств навигации: комплект бумажных карт, прокладочный инструмент, секстан, лотии и т.д.

Звёзды – замечательный, вечный ориентир, который всегда у нас над головой. Но что если по какой-то причине они не доступны? Например, на подводной лодке в автономном плавании на глубине 100 метров. Толщина воды такова, что поглощается радиоизлучение навигационных спутников. В этом случае в качестве путеводной звезды можно использовать такое замечательное устройство как гироскоп – быстро вращающееся твердое тело. Свойство гироскопа сохранять неизменным направление оси вращения (при отсутствии внешних воздействий) было замечено еще на заре развития механики. И благодаря этому свойству были созданы гироскопические навигационные приборы. Для подводных лодок закрутили гироскоп, направив его ось на Полярную звезду – и можно отправляться в автономное плавание. Как бы не поворачивалась наша лодка, ось вращения гироскопа сохраняет свое направление неизменным, и наша Полярная звезда всегда с нами. Сегодня гироскопами для ориентирования оснащаются подводные лодки, самолеты, ракеты.

Пока речь шла о способах ориентирования на Земле. А как быть, если мы отправляемся на орбиту Земли или покидаем пределы Солнечной системы. Как ориентироваться в космическом пространстве? Ведь и сами навигационные спутники на орбите тоже должны быть как-то сориентированы. Например, в полете Ю.А. Гагарина система ориентации была устроена таким образом, чтобы в иллюминатор постоянно можно было наблюдать Землю. То есть что один из объектов, по которому осуществляется навигация в космическом полете – это сама Земля. Аналогичная система навигации стоит на геостационарных спутниках, которые должны постоянно смотреть на одну точку поверхности Земли. Еще одна точка для навигации внутри Солнечной системы – это само Солнце, относительно него тоже может строиться система координат. Для многих спутников как раз и используется солнечная закрутка для стабильной ориентации спутника в плоскости орбиты. В качестве координатных точек можно использовать и другие, например, точку весеннего равноденствия – с ней связывают одно из направлений, отсчёта при движении спутников и эволюции орбит спутников.

Если же отправляться за пределы Солнечной системы, нужны другие ориентиры. Для этого надо использовать небесные объекты, находящиеся на значительном удалении от нас и не меняющие своего положения при движении не только внутри Солнечной системы, но и за её пределами. Такими объектами могут быть нейтронные звёзды – пульсары. Один из самых известных пульсаров находится в Крабовидной туманности в созвездии Тельца.

Для ещё более дальних путешествий, очевидно, понадобятся другие ориентиры, но это дело уж очень отдаленного будущего. А пока самым надёжным ориентиром в путешествиях наземных и космических для нас по-прежнему остаются небесные светила. И навигационную астрономию прилежно изучают и моряки, и космонавты.