

ДРОННАЯ РАЗВЕДКА ОПЕРАТИВНО-ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО СЕВЕРНОМУ МОРСКОМУ ПУТИ

М.Ю. Бибиков, старший преподаватель

В.А. Никитин, студент

В.В. Смирнов, студент

Российский университет транспорт

(Россия, г. Москва)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-5-1-43-49

Аннотация. Актуальность данного исследования состоит в том, что сегодня внедрение дронов для ледовой разведки на Северном морском пути (СМП), а также изучение и освоение Арктики является одним из приоритетов России. Авторами представлены методы ледовой разведки, рассмотрены преимущества и недостатки использования георадара на БПЛА, также представлен обзор реактивных FPV дронов с возможностью управления с применением устройств VR. В ходе проведенного исследования были рассмотрены перспективы внедрения дронов для разведки ледовой обстановки при движении по СМП. В заключении выявлен ряд актуальных на сегодня задач, решение которых поможет сделать дронную разведку оперативно-ледовой обстановки при движении по СМП наиболее эффективной.

Ключевые слова: ледовая разведка, Северный морской путь, БПЛА, нейросеть, цифровая экосистема, бортовые автоматизированные информационно-измерительных комплексов, метеорологическая обстановка.

В статье рассмотрены преимущества и перспективы внедрения дронов для ледовой разведки на СМП, так как, изучение и освоение Арктики, развитие СМП – один из приоритетов России. Для рационализации процесса прибегают к использованию беспилотных летательных аппаратов (далее БПЛА) и нейросетей – они будут определять места, представляющие наименьшую опасность для судоходства, а также на основе предоставленных ими данных, в будущем будет составлена единая цифровая экосистема, которая предоставит данные для зарегистрированных пользователей: грузоперевозчиков, судовладельцев, капитанов судов, лоцманов и страховщиков. Создание цифровой экосистемы включает установку бортовых автоматизированных информационно-измерительных комплексов на судах в акватории СМП. Предполагается, что благодаря данным таких комплексов удастся повысить точность оценки метеорологической и навигационной обстановки.

Исследования навигационной обстановки в арктических и антарктических бассейнах проводятся в настоящее время раз-

личными странами, такими как США, Норвегия, Австралия и Россия.

В 2012 году небольшой по размерам (2,5 фунта) дрон использовался американским ледоколом при ледовой проводке танкера «Ренда» в Беринговом море для определения минимального расстояния маршрута проводки по отношению к побережью Аляски. Сигнал с дрона передавался на планшет.

Японское агентство JAMSTEC (The Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology) в настоящее время осуществляет план по строительству ледокола для плавания в бассейне Северного ледовитого океана. В состав оборудования ледокола будут входить вертолеты, дроны и автономные подводные аппараты.

Ледовая разведка (ЛР) – инструментальное и визуальное наблюдение за ледовой обстановкой. Ледовая обстановка – состояние ледового покрова на морях и внутренних водных путях (реках, озерах, водохранилищах), влияющее на условия и безопасность плавания кораблей (судов).

Диагностирование ледового покрытия с помощью спутниковых систем имеет

определенную точность, но при таянии льда точность этих данных имеет достаточно большую погрешность. Вода на поверхности льда искажает сведения, полученные с помощью методов спутниковой разведки. В связи с этим возникает необходимость получения дополнительных, более точных сведений о характере ледовых полей, толщине и других свойствах льда на конкретном участке маршрута ледокола, транспортного или спасательного судна. Неточность сведений приводит к излишним затратам на ледовую проводку судов по СМП. Ледовая разведка проводит сбор и изучение данных о характере и состоянии ледового покрова в полностью или частично замерзающих морях с целью обеспечить безопасность плавания судов и другие виды хозяйственной и научной деятельности.

Методы ледовой разведки [1]:

- водная;
- авиационная (воздушная);
- космическая (спутниковая).

Водная ледовая разведка ведется:

- береговыми гидрометеорологическими постами и станциями;

- наземными и дрейфующими на льду гидрометеостанциями и автоматическими радиометеостанциями;

- судами (особенно ледокольного типа).

В настоящее время ледовая разведка выполняется с помощью нескольких видов съемок льдов, при этом используются:

- георадарная съемка;
- аэрофотосъемка.

Георадиолокация основано на излучении и приеме электромагнитных волн. Для зондирования исследуемой среды используется георадар – прибор радиолокационного зондирования (GPR – Ground Penetrating Radar).

Георадар состоит из 3-х частей:

- блок управления;
- блок регистрации (ноутбук);
- антенна.

Высокочастотная антенна (свыше 700 МГц) осуществляет зондирование на незначительную глубину (не более 2 м) и выявляет элементы до 10 см. Среднечастотные (ок. 500 МГц) и низкочастотные антенны (менее 100 МГц) проникают на глубину 5-40 метров и могут применяться для измерения толщин льда.



Рис. 1. Георадар Zond-12e Drone 500A установлен на коптер DJI M600 Pro. Частота антенны 500 МГц [1]



Рис. 2. Ледомер ЛД-400. Измеряемая толщина льда и снега в режиме зависания на высоте 5-10 м. – не менее 2 м. Частота антенны 400 МГц [3]

Преимущества использования георадара на БПЛА [4]:

- БПЛА обеспечивает большую точность съемки, способен выдерживать скорость и курс полета, благодаря встроенному GPS и автоматизации полета;
- способность выдерживать высоту полета относительно рельефа местности в случае применения высотомера;
- высокая производительность;
- нулевой риск для персонала – проведение работ без входа в зону обследования;
- экономичность в сравнении с пилотируемой авиацией;
- возможность передачи данных с БПЛА в режиме реального времени;
- быстрая разворачиваемость и возможность выполнения взлета / посадки с ограниченной площадки, в случае применения коптера или конвертоплана;
- компактность и небольшой вес комплекса, позволяющие располагать оборудование даже на маленьких судах.

Георадарная съемка с БПЛА.

Недостатки использования георадара на БПЛА:

- влияние погодных условий;
- ограничение веса применяемой на БПЛА полезной нагрузки;
- выполнения полета на минимальных высотах (рекомендация применения радара частотой 500 МГц на высоте не более 1 метра над поверхностью);
- продолжительность полета БПЛА ограничена запасом применяемых аккумуляторов;
- георадар неэффективен для применения в соленой воде – в ней происходит

быстрое затухание сигнала, что может снижать глубину зондирования до нуля. Несмотря на меньшее чем у воды затухание радиосигнала в соленом льду, использование георадаров для зондирования льда может быть осложнено наличием трещин и полостей с соленой водой что негативно влияет на качество получаемых данных.

Изначально наиболее эффективным способом изучения ледовых полей была аэрофотосъемка с помощью самолетов, которая давала общие сведения о состоянии льда в различных районах. Затратность этого способа в настоящее время можно значительно уменьшить с помощью БПЛА. Первые полеты беспилотных аппаратов в Антарктике были совершены в прошлом веке на относительно небольшие расстояния, около 25 морских миль. Современные комплексы позволяют значительно увеличить длительность и дальность полетов.

Аэрофотосъемка с БПЛА также активно используется при освоении СМП. В случае обнаружения айсберга, ледника, на основании полученных данных можно сформировать его 3D-модель, рассчитать габариты, оценить угрозу для объектов морской инфраструктуры. Если обнаруженный айсберг будет признан потенциальной угрозой, возможно провести его маркировку путем сброса радиомаяка, с последующим отслеживанием его перемещений, наблюдением за изменениями габаритов. БПЛА повышенной дальности (6-14 часов полета) могут проводить фотосъемку морских участков в автоматическом режиме. Полученные данные будут обрабатываться в общем информационном центре. Ин-

струменты для проведения воздушной ЛР
Аэрофотосъемка (АФС) с БПЛА.

Для проведения мониторинга морских акваторий в целях обеспечения проводки судов эффективно применять БПЛА судового размещения, типа конвертоплан.

Удаление беспилотника от судна и высота полета определяется навигационными задачами судоходства. Использование нескольких БПЛА позволит проложить наиболее оптимальный маршрут ледовой проводки, транспортного или спасательного судна. Оперативность данных радиолокационного изображения и передача их на станцию управления даст возможность оптимизировать движение судна по маршруту. Создание моделей позволит улучшить качество принимаемых судоводителем решений по управлению судном.

Конвертоплан совмещает признаки самолета (несущие плоскости крыльев и хвостовое оперение с устройствами управления) и квадрокоптера (четыре винта в горизонтальной плоскости для вертикального подъема). Исследования, проводимые в этой области, осуществляет национальный исследовательский университет «Физтех». Базовый аппарат, который МФТИ приобрел у своего технологического партнера, постоянно модифицируется. Меняются детали фюзеляжа, силовая установка, топливная система, система управления.

Масса конвертоплана с оборудованием – около 55 кг, размах крыльев – 4 м. Его можно разобрать и сложить в ящик размером примерно с офисный стол. Беспилотник автоматически перемещается по заданным точкам, привязанным к электрон-

ной карте, не боится осадков и низкой температуры, выдерживает скорость ветра при взлете и посадке 20 м/с. Главная опасность для него – обледенение. Топливо – обычный бензин, бака хватает на четыре-пять часов полета. Винты взлета и посадки работают на аккумуляторах.

Предлагается базирование БПЛА на ледоколах, необходимо изучить возможность размещения их на транспортных и спасательных судах. Для развертывания систем ледовой разведки нужно обучить пилотов, операторов, штурманского состава.

Использование БПЛА потребует специальной подготовки лоцманских служб, которые оказывают услуги по ледовой проводке.

Необходимо обновить правовую базу: аппараты тяжелее 30 кг подчиняются общим регламентам полетов больших пилотируемых воздушных судов, но это не подходит для оперативного мониторинга СМП. Пока запускать беспилотники планируют в экспериментальном режиме по индивидуальному разрешению.

Преимущества применения конвертоплана [5]:

- взлет и посадка с палубы судна (вертолетной площадки); при необходимости можно осуществить посадку БПЛА на ледовую площадку без риска повреждения полезной нагрузки;

- планирование автоматического полета в зависимости от локации самого судна и предполагаемого курса следования;

- оперативное развертывание;

- большая энергоэффективность чем у мультикоптеров.



Рис. 3. Процесс аэрофотосъемки льдов с БПЛА [6]

В настоящее время в России разрабатываются и успешно испытываются реактивные FPV дроны с возможностью управления с применением устройств VR.

Аппараты такого типа могут летать при силе ветра до 20 метров в секунду, что позволит расширить круг их применения до районов СМП.

Авторы данной статьи предлагают объединить различные методы определения состояния ледовых полей на конкретном маршруте ледовой проводки.

Сведения, поступающие с различных типов дронов (воздушных, подводных, а

м.б. и ледовых, т.е. перемещающихся по поверхности льда), могут перерабатываться навигационной системой ледокола и использоваться для проработки наиболее выгодных курсов, маневрирования с т.з. затрат энергии, скорости и т.п. Испытание предлагаемого метода исследования способов прокладки курса ледокольного флота м.б. осуществлено на существующих судах ледокольного флота или на ледовой платформе ЛСП (проект 00903), на которой уже в настоящий момент имеется возможность проведения такого типа испытаний.

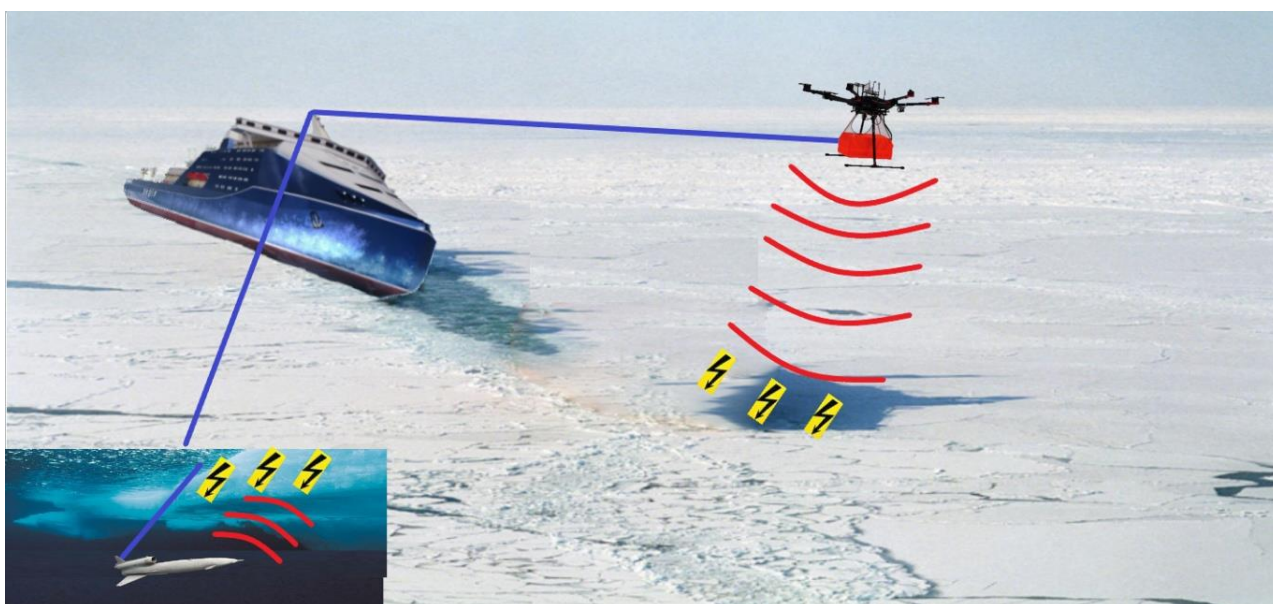


Рис. 4. Схема использования воздушных и подводных дронов для определения параметров

льда

Заключение

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что применение БПЛА в ледовой разведке перспективнее, консервативных методов разведке ввиду ряда их преимуществ, таких как:

- 1) автономность;
- 2) возможность нести на себе оборудование для ледовой разведки при относительно небольшой массе;
- 3) нулевой риск для персонала – проведение работ без входа в зону обследования.

Схема применения дронов может меняться в зависимости от задач ледовой проводки. Совместная работа нескольких дронов по конкурирующим курсам позволит выбрать наиболее экономически выгодный курс для ледовой проводки.

Эффективное применение БПЛА для воздушной ледовой разведки возможно в случае создания и применения специализированного комплекса, в состав которого может входить:

- средства визуального мониторинга в видимом и ИК диапазонах;
- высокочастотный сканирующий радар, для выявления радиофизических свойств поверхности и установления нижней границы снежного покрова;
- лазерный дальномер(LIDAR), который будет использоваться с целью снятия рельефа зондируемой поверхности либо верхней части снежного покрова;
- георадар для изучения структуры грунта и нахождения в нем неоднородностей.

В будущем, когда удастся уменьшить вес переносимого БПЛА оборудования, а также сделать его легче и практичнее, появится возможность применять в его работе больше инструментов, например, радиолокационную съемку и так далее.

Значительно расширятся возможности в области определения толщины льда при ледовых проводках при применении подводных дронов. Такие разработки уже имеют-

ся в России. С их помощью возможно создание виртуальной модели ледовой ледового поля. Кроме этого, подводные дроны могут вести сканирование рельефа морского дна и выполнять работы, связанные с гидрографическим обеспечением судоходства.

Очевидно, что в настоящее время существуют определенные сложности, с т.з. возможностей технических средств, которые планируется применять для ледовой разведки, но при правильной постановке задачи вполне возможно доработка имеющихся БПЛА и подводных дронов под поставленные задачи. Ясно, что эти технические средства должны быть доработаны с учетом суровых условий эксплуатации(сильных ветров,подводных течений, минусовой температуры и т.д.).

Сведения об условиях эксплуатации имеются в избытке, в связи с этим придание существующим техническим средствам новых качеств лежит в плоскости применения специальных материалов и уже имеющейся базы знаний по направлению использованию летательных и подводных аппаратов в условиях СМП.

Еще одной задачей, которую необходимо будет решить при внедрении предлагаемого вида исследования ледовой обстановки это создание прикладного программного обеспечения для согласования сведений, передаваемых из различных источников и совмещения этой информации с данными по навигационному обеспечению судоходства.

Техническое обслуживание вышеуказанных систем исследования ледовой обстановки может осуществлять «Гидрографическое предприятие», входящее в структуру Росатома.

Затраты на разработку систем ледовой разведки оправдываются развитием перевозок грузов по СМП и увеличением объемов исследований акватории, с т.з. наличия полезных ископаемых на шельфе в бассейне Северного ледовитого океана.

Библиографический список

1. В воздухе и подо льдом: какие беспилотники для освоения Арктики создаются в России. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://russian.rt.com/russia/article/580649-rossiya-bespilotniki-arktika-forum> (Дата обращения: 16.04.2023).

2. «Ледовый навигатор» запустят на Северном морском пути. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://radiosputnik.ria.ru/20230117/ledovyy-navigator-1845375117.html> (Дата обращения: 16.04.2023).

3. «Росатом» работает над цифровой экосистемой Северного морского пути. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://strana-rosatom.ru/2022/06/15/rosatom-rabotaet-nad-cifrovoj-ekos/> (Дата обращения: 16.04.2023).

4. Сделано в России: беспилотники для арктических широт ZALA Arctic. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3dnews.ru/979320/sdelano-v-rossii-bespilotniki-dlya-arkticheskikh-shirot-zala-arctic> (Дата обращения: 16.04.2023).

5. Применение БПЛА в ледовой разведке. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vk.com/doc248960633_663925450?hash=Qy0No6C1h89t5O3Dx28YucZuT3K15oTbYZnMYzIE2zs&dl=4kYarWjEnBUaPVgvuQcvNlgZ58R8oDEzBK4Z8VU9XKH (Дата обращения: 16.04.2023).

6. Разведка дроном: особенности первого российского арктического беспилотника. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://strana-rosatom.ru/2023/04/06/razvedka-dronom-osobennosti-pervogo/> (Дата обращения: 16.04.2023).

GROUND RECONNAISSANCE OF THE OPERATIONAL-ICE SITUATION WHEN MOVING ALONG THE NORTHERN SEA ROUTE

M.Yu. Bibikov, *Senior Lecturer*

V.A. Nikitin, *Student*

V.V. Smirnov, *Student*

Russian University of Transport

(Russia, Moscow)

Abstract. *The relevance of this study is that today the introduction of drones for ice exploration on the Northern Sea Route (NSR), as well as the study and development of the Arctic is one of Russia's priorities. The authors present methods of ice reconnaissance, consider the advantages and disadvantages of using ground-penetrating radar on UAVs, and also provide an overview of reactive FPV drones with the ability to control using VR devices. In the course of the study, the prospects for the introduction of drones for the exploration of the ice situation when moving along the NSR were considered. In conclusion, a number of current tasks have been identified, the solution of which will help make this exploration of the operational ice situation when moving along the NSR the most effective.*

Keywords: *ice exploration, the Northern Sea Route, UAVs, neural network, digital ecosystem, onboard automated information and measurement systems, meteorological situation.*