

УДК 629.113

**В.И. Филатов, П.О. Береснев, А.А. Еремин, А.М. Беляев, Д.М. Беляев,
Е.В. Жарков, А.М.Болдырева, Д.В. Зезюлин, Д.Ю. Тюгин, В.В. Беляков, А.А. Куркин**

АВТОНОМНЫЙ МОБИЛЬНЫЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева (НГТУ)

В статье рассматривается актуальность разработки автономного мобильного робототехнического комплекса (АМРК) для мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды в прибрежной зоне. Описан выбор параметров, конструкции и радиолокационной станции. Осуществлен выбор рациональных параметров шасси АМРК. Рассмотрены особенности функционирования робототехнического комплекса.

Ключевые слова: автономный мобильный робототехнический комплекс, морские природные катастрофы, мониторинг.

Обеспечение безопасности населения и сохранения сложных промышленных инфраструктур, расположенных на побережье и океаническом шельфе, вплотную связаны с изучением нелинейной динамики поверхностных волн в прибрежной зоне, сейсмической активности района. Мониторинг состояния окружающей среды в прибрежной зоне необходим для нахождения коэффициента риска, который непосредственно влияет на безопасность жизнедеятельности людей. Это подтверждают сводки из историй о цунами и волнах - убийцах (например: цунами в 1994г. на о. Шикотан, 2011г. на побережье Японии ит.д.), такие природные явления унесли множество жизней людей, животных, разрушили большое количество строений, нанесли вред растениям.

Важной особенностью данных исследований является комплексный подход к проблеме оценки опасности шельфового строительства, позволяющий учитывать как гидрологические, так и сейсмические опасности района.

Рассмотрим способы мониторинга прибрежных зон:

- изучение снимков, сделанных космическим спутником;
- использование беспилотных летательных аппаратов;
- регистрация колебаний уровня моря в портах с помощью мареографов. В настоящее время происходит переход к новому поколению электронных мареографов. Они представляют собой донные датчики давления, которые регистрируют длинные волны, в частности, приливы и цунами в силу гидростатичности давления;
- использование роботизированных комплексов;
- автономные роботизированные платформы.

Данные способы имеют свои минусы. Для хорошей работы спутника в исследуемом районе не должно быть облачной погоды, в противном случае облака будут закрывать обзор спутнику. Снимки имеют низкое разрешение. При мониторинге местности с помощью беспилотных летательных аппаратов необходим персонал, управляющий им и обслуживающий его, ещё один его минус - это низкая грузоподъемность, что не позволяет

установить на него современные лазерные сенсоры и снижает качество и объем получаемой информации. Мареографы фиксируют лишь землетрясения, которые приводят к цунами, после чего перестают работать. Донные датчики давления неподвижны и не делают снимки местности для более полной картины.

Наиболее рациональный способ топографического измерения для прибрежных участков - использование автономного мобильного робототехнического комплекса (АМРК [4-9]), оснащенного широким спектром датчиков. Проблема мониторинга прибрежных зон связана с опасностью для жизни, здоровья человека и недостатками современных способов измерений. Данный комплекс позволяет производить сбор необходимых данных без участия человека, причем их точность и объем на порядок выше, чем при использовании спутника или беспилотного летательного аппарата.

При принятии конструкторских и технологических решений использовался подход, обеспечивающий наибольшую унификацию узлов и агрегатов, а также использование в конструкции деталей, узлов и агрегатов отечественного производства. Кинематическая схема трансмиссии представлена на рис. 1.

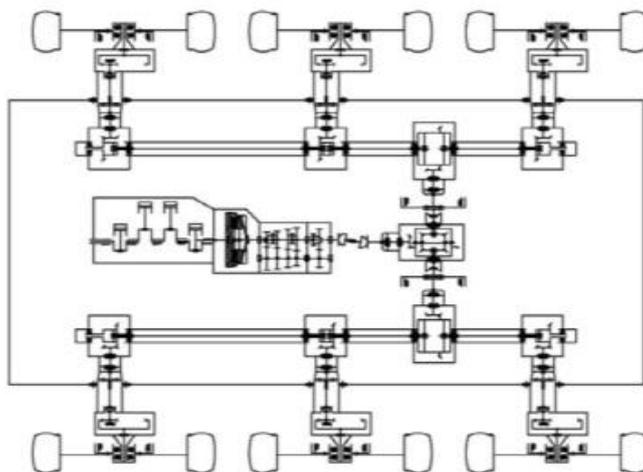


Рис. 1. Кинематическая схема автономного мобильного робототехнического комплекса для мониторинга прибрежных зон

АМРК мониторинга прибрежной зоны и прогнозирования морских природных катастроф должен быть ориентирован на применение в различных регионах Российской Федерации, поэтому была предусмотрена возможность его комплектования различными типами двигателей, радикально повышающих проходимость [1-3] АМРК в тяжелых условиях эксплуатации. Необходимо отметить, что в настоящее время невозможно назвать существующие беспилотные мобильные технические средства, обладающие подобными эксплуатационными характеристиками. Наиболее приемлемой схемой АМРК является шасси с колесной формулой бхб, позволяющее осуществлять установку либо трех колес по борту АМРК, либо двух гусеничных модулей (на крайние мосты); а также установку двухполуроторов на каждом борту корпуса шасси (с каждой из сторон корпуса) посредством монтажа дополнительных опорно-трансмиссионных конструкций и опор оконечной части каждого полуротора (рис. 2).

Были проведены расчеты эффективности каждого из видов представленных конструкций шасси АМРК на различной опорной поверхности. Диаграмма эффективности приведена на рис. 3.

Мониторинг окружающей обстановки АМРК производит без участия человека. Всеми процессами по ходу движения управляет высокопроизводительный промышленный компьютер отечественного производства, который анализирует информацию, получаемую с

контрольных устройств и посылает команду на исполнительные устройства, изменяя траекторию и режим движения.

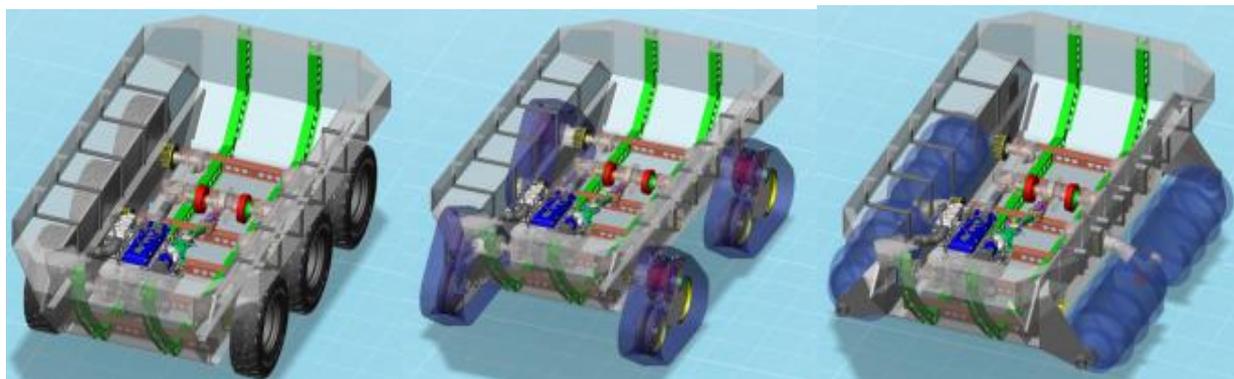


Рис. 2. Варианты конструкции шасси АМРК

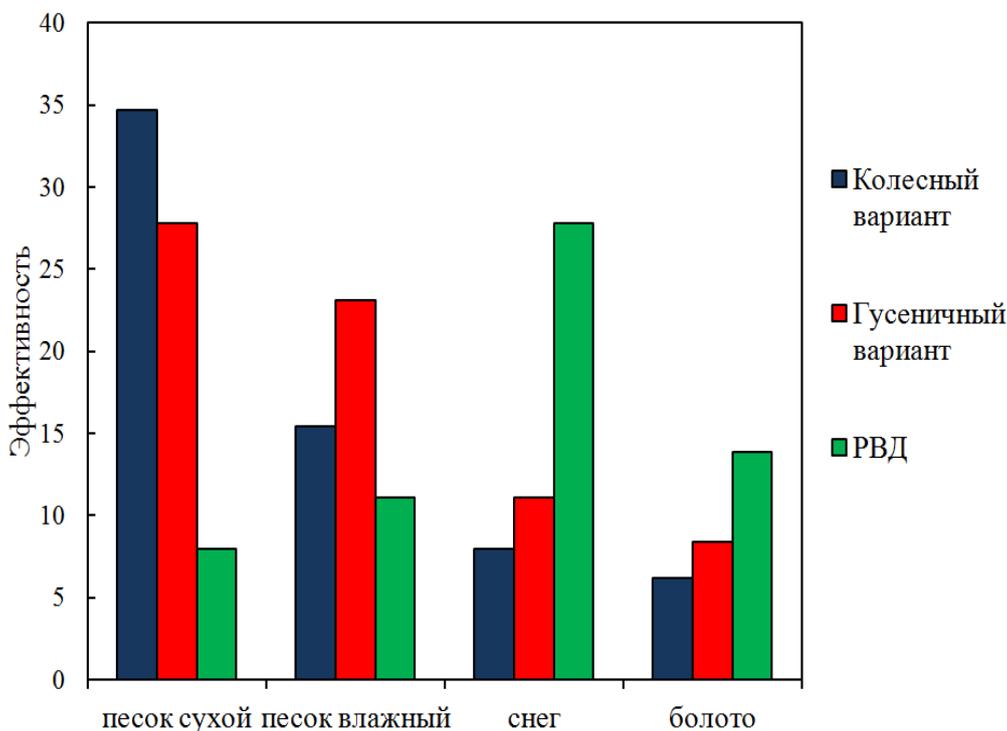


Рис. 3. Диаграмма эффективности АМРК в разных условиях

Контроль за движением исполнительного устройства производится с помощью связи промышленного компьютера с электронными блоками управления (ЭБУ) различных систем. Управление двигателем и коробкой передач производит ЭБУ двигателя, изменяя режим их работы.

Программное обеспечение, которое управляет робототехническим комплексом, состоит из трех основных подсистем: восприятия, планирования миссий, выполнимого поведения и планирования движения.

Контрольные устройства в данном комплексе - это лазерный датчик, который имеет двойное назначение: анализ топологического ландшафта местности и мониторинг зоны. Экшн-камера GoPro необходима для визуального контроля как движения робота, так и визуального наблюдения окружающей обстановки оператором. Антенна системы GPS/ГЛОНАСС для прокладки маршрута движения и глобального позиционирования комплекса с погрешностью, а также комплекс оборудован радиолокационной станцией

(РЛС) для сбора данных о параметрах волн, а именно фиксирования мощности отраженного эхосигнала от поверхности воды.

Для постобработки полученных данных разработан программный комплекс, интерфейс которого представлен на рис. 4.

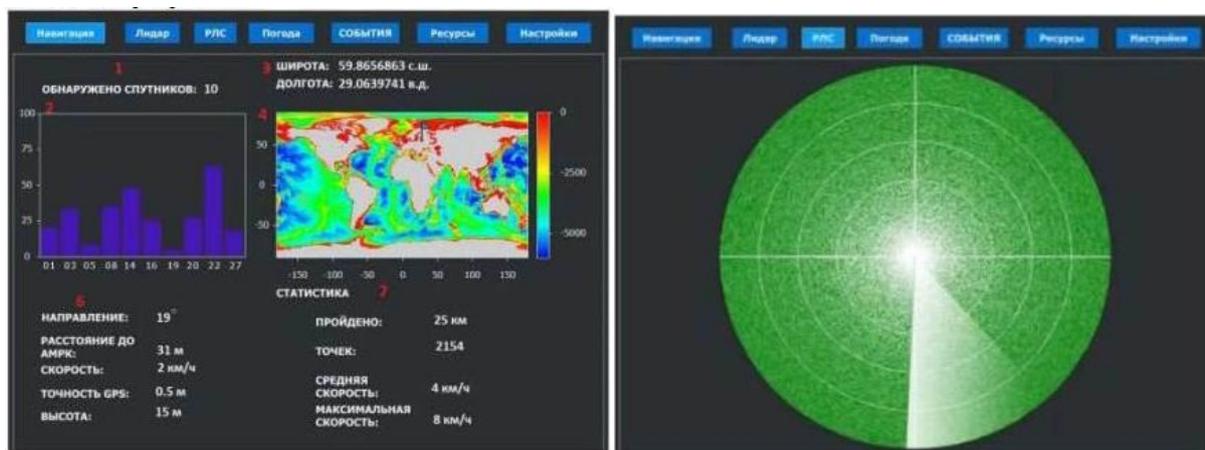


Рис. 4. Интерфейс системы позиционирования АМРК и работа РЛС

Входе работы АМРК происходит отладка программного обеспечения. Необходимо тщательно анализировать полученную информацию с установленных датчиков. Для правильной оценки морского волнения требуется провести анализ экспериментальных данных.

Для шасси АМРК важной проблемой остается правильная оценка состояния опорной поверхности. Нельзя задавать четкую траектория движения для робота, так как есть вероятность проложить маршрут через препятствия, которые не способен преодолеть беспилотный комплекс, после цунами или различных природных и техногенных явлений велика вероятность топологических изменений состояния опорной поверхности. Поэтому также возникает необходимость обучения робота взаимодействию с другими объектами, встречающимися в ходе движения, правильному анализу состояния опорной поверхности и выбору безопасной траектории движения при отклонении от заданного курса.

Представленные результаты научно-исследовательской работы получены при поддержке стипендии президента РФ молодым ученым и аспирантам на 2015-2017 годы (СП-193.2015.5).

Библиографический список

1. **Беляков, В.В.** Концепция подвижности наземных транспортно-технологических машин / В.В. Беляков, А.М.Беляев, М.Е.Бушуева, У.Ш.Вахидов, К.О.Гончаров, Д.В.Зезюлин, В.Е.Колотилин, К.Я.Лелиовский, В.С.Макаров, А.В.Папунин, А.В.Тумасов, А.В.Федоренко // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2013. № 3 (100). С. 145-174.
2. **Беляков, В.В.** Подвижность наземных транспортно-технологических машин / В.В.Беляков, Д.В.Зезюлин, В.Е.Колотилин, В.С.Макаров // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2013. № 4. С. 72-77.
3. Полотно пути транспортно-технологических машин. Под общей редакцией В.В. Белякова и А.А. Куркина. Нижний Новгород, 2014. 447 с.
4. **Беляков, В.В.** Шасси робототехнического комплекса мониторинга прибрежной зоны / В.В. Беляков, А.А.Куркин, Д.В. Зезюлин, В.С.Макаров // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2014. №4(106) С. 353-357.

5. **Беляев, А.М.** Разработка автономного мобильного робототехнического комплекса для мониторинга окружающей среды и экологической безопасности прибрежных районов / А.М.Беляев, В.В.Беляков, П.О.Береснев, Д.В.Зезюлин, К.И.Кузнецов, А.А.Куркин, В.С.Макаров, Е.Н.Пелиновский, Д.Ю.Тюгин // Сборник трудов Международной научно-технической конференции «Промышленная экология» / под общ. ред. Басалай И.А. // БНТУ, Минск, 2015, - С. 29-34.
6. **Куркин, А.А.** Новые тенденции в обследовании цунами / А.А.Куркин, Е.Н.Пелиновский, В.В.Беляков, В.С.Макаров, Д.В.Зезюлин // Экологические системы и приборы. 2014. № 12. С. 40-55.
7. **Belyakov, V.** Application of autonomous robotized systems for the collection of nearshore topographic changing and hydrodynamic measurements / V. Belyakov, V.Makarov, D. Zezyulin, A. Kurkin, E. Pelinovsky // Geophysical Research Abstracts Vol. 17, EGU2015-1172, 2015 EGU General Assembly 2015.
8. **Kurkin, A.** Autonomous Robotic System for Coastal Monitoring / A. Kurkin, E.Pelinovsky, D.Tyugin, A. Giniyatullin, O. Kurkina, V.Belyakov, V. Makarov, D. Zeziulin, K. Kuznetsov // Proceedings of the 12th International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 2015, pp. 933-944.
9. **Makarov, V.** Development of chassis of robotic system for coastal monitoring / V. Makarov, A. Kurkin, D.Zeziulin, V. Belyakov // Proceedings of the 13th European Conference of the International Society for Terrain-Vehicle Systems, Rome, Italy. 2015. p. 524-529.

*Дата поступления
в редакцию 25.02.2016*

**V.Filatov, P. Beresnev, A.Eremin, A.Belyaev, D.Belyaev,
A. Boldyreva, D.Zeziulin, D.Tyugin, V.Belyakov, A.Kurkin**

AUTONOMOUS MOBILE ROBOTIC SYSTEM FOR MONITORING COASTAL AREA

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev (NNSTU)

The article discusses relevance of development of the autonomous mobile robotic system (AMRS) for monitoring and predicting the state of environment in coastal area. Selection methods of vehicle design parameters and radar station parameters have been described. The selection of rational parameters of AMRS chassis has been carried out. The features of functioning the robotic system have been considered.

Keywords: autonomous mobile robotic system, marine natural disasters, monitoring.