

DOI: 10.15593/24111678/2017.02.01

УДК 930:93.85

**Е.В. Авотин, А.Г. Семенов**

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
Санкт-Петербург, Россия

## **ВСПОМИНАТЬ О ПРОШЛОМ, НАХОДЯСЬ В НАСТОЯЩЕМ**

Тема статьи относится к истории науки и техники, космонавтике и транспортному машиностроению, конкретно – к специфической, уникальной отрасли машиностроения – планетоходам и аналогичным аппаратам для работы на поверхности других планет и естественных спутников. В связи с празднованием 12 апреля Дня космонавтики освещена встреча руководства, профессорско-преподавательского состава и учащихся Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ) с водителем передвижных лабораторий «Луноход-1» и «Луноход-2», доктором технических наук, профессором, генерал-майором авиации В.Г. Довганем по случаю 44-й годовщины осуществления этих космических проектов мирового значения. Показана роль выпускников и работников Политехнического института, главным образом кафедры «Двигатели, автомобили и гусеничные машины» (ныне – кафедры «Инжиниринг силовых установок и транспортных средств») в становлении и развитии космического направления транспортного машиностроения в СССР и России. Отмечены основные вехи и технические особенности осуществления этих проектов. Опубликованы уникальные архивные материалы и свидетельства участников проекта, ранее неизвестные широкой общественности. Материал насыщен фотоиллюстрациями, которые существенно дополняют текст и оживляют его восприятие. Ценно и то, что авторы статьи сами являются активными участниками международных и отечественных космических проектов, посвятив большую часть своей трудовой, творческой деятельности космическому направлению транспортного машиностроения.

**Ключевые слова:** космические исследования, луноход, планетоходы, автоматическое и дистанционное управление подвижным объектом, Политехнический университет.

**E.V. Avotin, A.G. Semenov**

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,  
Saint Petersburg, Russian Federation

## **RECALLING ABOUT PAST, BEING IN PERSISTING**

The Subject of the article pertains to histories of the science and technology, to astronautics and transport machine building. Concretely – to specific, unique “niche” of machine building – a device for functioning (working) on surfaces of the other planets and natural companion (satellite). In connection with Daytime astronautics on April 12, lit meeting management, professorial-teaching composition, graduate student and student Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (SPbPU) with driver mobile laboratories “Lunohod-1” and “Lunohod-2”, professor, brigadier general to aviations V.G. Dovgany on mate 44-ouch anniversaries of the realization these cosmic project of world importance. It is shown role graduate and workman Polytechnic institute, mainly pulpits “Engines, cars and caterpillar machines” (now – Department “Engineering of Engines and Transport Vehicles”) in formation and development of the cosmic direction of transport machine building in USSR and Russia. The noted main stages and technical particularities of the realization these project. They are published unique archive material and project participant certificate, earlier unknown broad public. The material is saturated photography, greatly complementing text component and brightening his (its) perception. Valuable and that authors of the article themselves are an active participant international and domestic cosmic project, having denoted most its labor, creative activity to cosmic direction of transport machine building.

**Keywords:** cosmic studies, lunohod, transport for surface of other planets, automatic and remote control by rolling object, Polytechnic university.

*Разработчикам и испытателям  
«Лунохода-1» и «Лунохода-2», средств его доставки  
посвящается...*

17 ноября 1970 г. в 6 часов 46 минут 59 секунд впервые в мире на поверхность Луны совершила мягкую посадку советская межпланетная автоматическая станция «Луна-17». На ее посадочной ступени находилась автоматическая передвижная лаборатория «Луноход-1» (рис. 1, а), с которой в 10 часов 37 минут она съехала на поверхность Луны. Управление «Луноходом-1», а позднее и «Луноходом-2» (рис. 1, б), проводилось в дистанционном режиме группой операторов с пункта дальней космической связи (ПДКС), расположенного в г. Симферополе.

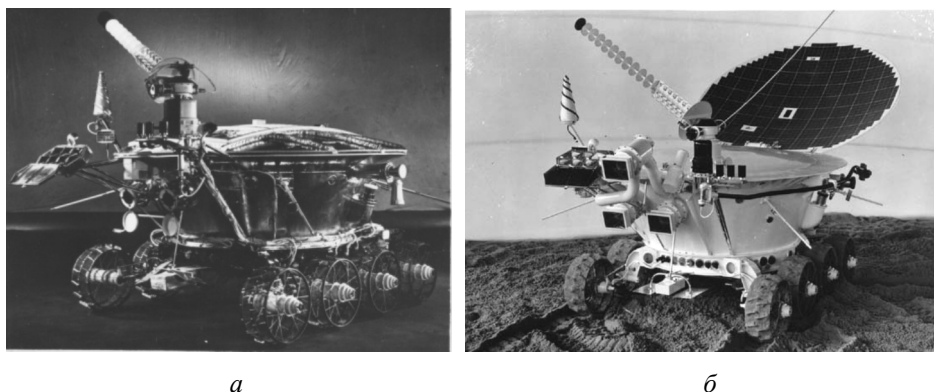


Рис. 1. Передвижная лаборатория «Луноход-1», 17.11.1970–4.10.1971 (а);  
передвижная лаборатория «Луноход-2», 16.01.1973–22.05.1973 (б)

Большой вклад в освоение космоса, исследование поверхностей Луны, Марса и Венеры внесли политехники – выпускники Ленинградского политехнического института им. М.И. Калинина (ныне – Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого). В конце марта 2014 г., в преддверии 53-й годовщины Международного дня космонавтики ректором СПбПУ А.И. Рудским был приглашен посетить университет заслуженный испытатель космической техники, доктор военных наук, профессор, генерал-майор, водитель планетоходов «Луноход-1» и «Луноход-2» Вячеслав Георгиевич Довгань (рис. 2).

Для организации и проведения визита проректором университета по учебной части Д.Ю. Райчуком совместно с профессором кафедры «Двигатели, автомобили и гусеничные машины», в настоящее время переименованной в кафедру «Инжиниринг силовых установок и транс-

портных средств» (ИСУиТС), Г.П. Поршневым была разработана программа пребывания В.Г. Довганя в университете и г. Санкт-Петербурге. Она включала встречу с ректоратом, профессорско-преподавательским составом, аспирантами и студентами; знакомство со структурой, программно-методической частью и архитектурой университета; встречу с коллективом кафедры, знакомство с ее стендовой базой, учебно-методическими пособиями (см. рис. 2). Кроме того, была предусмотрена культурная часть, включающая посещение Мариинского театра, Петродворца и экскурсию по городу.



Рис. 2. В.Г. Довгань в учебном классе кафедры ИСУиТС СПбПУ

25 марта состоялась встреча В.Г. Довганя с руководством научной части университета, на которой также присутствовали сотрудники кафедры. Встреча прошла в доброжелательной обстановке, разговор получился интересным, насыщенным информацией об исторических событиях.

Примером может служить рассказ Вячеслава Георгиевича о технологии преодоления камня, оказавшегося на пути следования «Лунохода-1», который для экипажа после его обнаружения на экранах телевизоров казался грозным, непреодолимым препятствием. Однако такое представление о «могуществе» лунного препятствия исчезло только после того, как экипажу, в котором В.Г. Довгань являлся водителем, удалось его успешно преодолеть (рис. 3). Оказалось, что в результате воздействия солнечной радиации и колебаний температуры окружающей среды от 150 до  $-130^{\circ}\text{C}$  частицы материи, из которых состояло это препятствие, потеряли сцепные и прочностные свойства. В связи

с этим при его преодолении не было зафиксировано на соответствующих приборах изменения крена и дифферента, а также возрастания потребляемых токов электродвигателями мотор-колес.

В.Г. Довгань передал университету уникальную карту поверхности Луны, сфотографированную американскими космическими станциями в районах эксплуатации «Лунохода-1» и «Лунохода-2» (рис. 4). Снимок, представленный на рис. 3, может увидеть любой желающий в музее университета, второй (см. рис. 4) – на кафедре ИСУиТС. В свою очередь, в память о прошедшей встрече Д.Ю. Райчук подарил гостю книгу, насыщенную разнообразными сюжетами из жизни Политехнического университета.

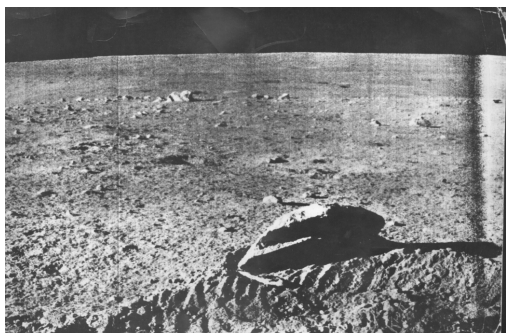


Рис. 3. «Вечные» следы, оставленные на поверхности Луны в 1971 г. после преодоления камня «Луноходом-1», управляемым экипажем из ПДКС в составе командира В.Л. Федотова, водителя В.Г. Довганя, штурмана В.Г. Самаля, бортинженера А.Е. Кожевникова и оператора остронаправленной антенны Н.Я. Козлитина

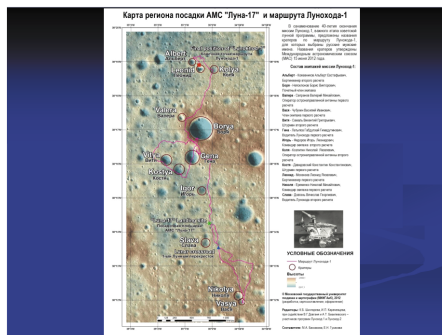


Рис. 4. Район посадки автоматической межпланетной станции «Луна-17», доставившей на поверхность Луны планетоход с автоматической системой управления «Луноход-1», и карта района его эксплуатации

Вячеслав Георгиевич на прочитанной им лекции (рис. 5) рассказал о разработчиках и особенностях эксплуатации луноходов, выпускниках Политеха, которые принимали активное участие при их создании (они составили самую большую группу научных работников, инженеров и конструкторов – более 20 человек). Среди них были Ф.П. Шпак, И.Н. Башаева, Л.В. Ступакова (физико-механический факультет); Д.Я. Кляцкин, В.А. Козырев (электромеханический факультет); Е.В. Авотин, Р.К. Веткин, Е.Н. Друян, Б.В. Гладких, В.В. Громов – лауреат Государственной премии, А.И. Егоров, И.Ф. Кажукало, А.Ф. Куд-

рявцев, Л.А. Кузиниц, В.А. Лашков, С.А. Новикова, В.Н. Петрига, М.Н. Плигин, Г.И. Рыков, П.С. Сологуб – лауреат Государственной премии, Л.Т. Черепанова (энергомашиностроительный факультет).



Рис. 5. В.Г. Довгань после прочтения лекции

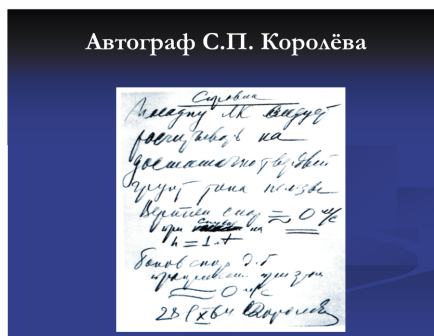


Рис. 6. Ответ С.П. Королева о физическом состоянии поверхности Луны, оставленный в виде справки разработчикам «Лунохода-1»

Кроме того, В.Г. Довгань рассказал об уникальных исторических фактах, связанных с именами известных специалистов и ученых: С.П. Королева, Г.Н. Бабакина, М.С. Рязанского, А.Л. Кемурджиана и др. Например, был продемонстрирован ранее не опубликованный документ, в котором С.П. Королев утверждает, что на Луне грунт «достаточно твердый, типа пемзы» (рис. 6). Он сообщил интересную и важную с исторической точки зрения информацию, относящуюся к составу двух экипажей, посменно управляющих луноходами из ПДКС. Приведем состав и имена операторов этих экипажей: командиры Н.Е. Еременко, В.Л. Федоров; водители В.Г. Довгань, Г.Г. Латыпов, В.И. Чубукин; штурманы К.К. Давидовский, В.Г. Самаль; операторы остронаправленной антенны Н.Я. Козлитин, В.М. Сапранов; бортинженеры А.Е. Кожевников, Л.Я. Мосензов.

Состоялась также встреча с сотрудниками, аспирантами и студентами кафедры. На нее были приглашены выпускники кафедры, непосредственно участвовавшие в создании «Лунохода-1» и «Лунохода-2» в ОАО «ВНИИТрансмаш»: П.С. Сологуб – начальник отдела, В.Н. Петрига – начальник лаборатории испытаний, Б.В. Гладких – начальник отдела, А.И. Егоров – ведущий конструктор.

Вячеслав Георгиевич Довгань ознакомился с направлениями, по которым в настоящее время проводятся исследования, связанные с по-

вышением подвижности автономных, дистанционно управляемых и управляемых оператором транспортных средств, рассказал об особенностях эксплуатации луноходов, ответил на вопросы, которые длительное время из-за недостатка информации в открытой печати оставались без ответа.

Примером может служить критическая ситуация, в которую попал «Луноход-2» при исследовании лунного кратера в результате отказа информационной системы. Несмотря на нештатную ситуацию и отсутствие информации о его пространственном положении, экипажу за счет таланта и накопленного опыта при эксплуатации «Лунохода-1» удалось найти способ, чтобы вывести «Луноход-2» из критической «кратерной» ситуации. После выхода из кратера он был отведен экипажем на 800 м и оставлен на этом месте лунной поверхности на вечную стоянку. Недавно американским ученым с помощью своих космических станций удалось обнаружить место вечной стоянки «Лунохода-2».

Успешное осуществление лунных программ дало мощный импульс для дальнейшей работы в космическом направлении. Вскоре последовали новые отечественные и международные космические программы, например по исследованию Венеры (рис. 7), Марса (рис. 8, а, б) и одного из его спутников – Фобоса (рис. 8, в). Был разработан и успешно прошел испытания космический аппарат многоразового действия «Буран».

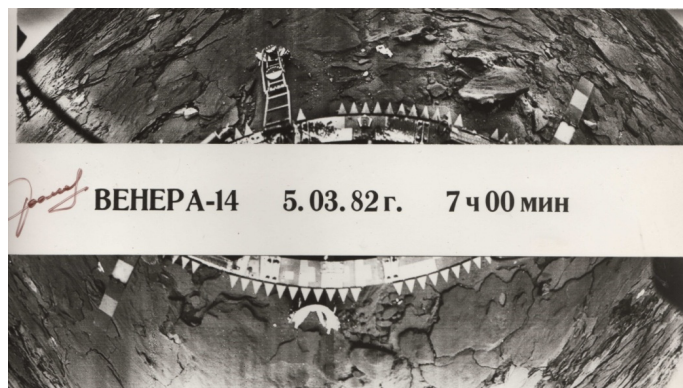


Рис. 7. Межпланетная космическая станция «Венера-14» на поверхности

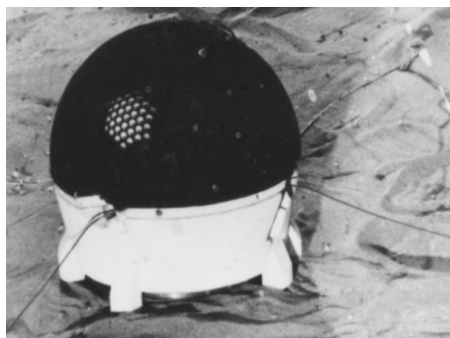
Венеры после совершения мягкой посадки в рабочем состоянии (в верхней левой и правой частях фотографии – научное оборудование, для определения физических свойств опорной поверхности Венеры, разработанное с участием выпускников кафедры; в центре слева – автограф одного из разработчиков этого оборудования В.В. Громова, который он оставил своему соратнику Е.В. Авотину



*а*



*б*



*в*

Рис. 8. Образцы планетоходов, созданные в ОАО «ВНИИТрансмаш» с участием выпускников кафедры: *а* – ходовой макет марсохода с колесно-шагающим двигателем; *б* – ходовой макет марсохода с колесно-шагающим двигателем и шарнирно сочлененной рамой; *в* – летный образец аппарата ПрОП-ФП с прыжковым двигателем для Фобоса

Важная роль в выполнении этих работ принадлежала ОАО «ВНИИТрансмаш», в котором к тому времени успешно трудилось новое поколение выпускников кафедры колесных и гусеничных машин Политехнического университета (С. Матросов, В. Волов, В. Горбунов, А. Конколович).

Была подключена к НИОКР космического направления группа работников указанной кафедры: Ю.П. Волков (декан энергомашиностроительного факультета), И.П. Дубовиков, Д.И. Игнатьев, М.И. Кислов, Н.А. Носов (зав. кафедрой), В.Ю. Павлов, Г.П. Поршнев, А.Г. Семенов, А.Д. Элизов, В.И. Яугонен. Они, в свою очередь, вовлекли в работу доктора технических наук, профессора кафедры «Теоретические основы теплотехники» С.З. Сапожникова.

Перечисленным работникам Политехнического университета была поручена большая работа, связанная с обеспечением теплового режима и экспериментальными исследованиями. Работы выполнялись (А.Г. Семенов и др.) на уникальном оборудовании с термобарокамерами, в основном во ВНИИТрансмаш (Ленинград – Санкт-Петербург), НПО им. С.А. Лавочкина, НПО «Энергия», НИИхиммаш (Москва).

За тот период были созданы и испытаны принципиально новые образцы шасси аппаратов для перемещения по поверхности Марса и Фобоса (см. рис. 8); разработаны теория устойчивости к опрокидыванию и прогнозирования пространственного положения самоходных аппаратов, критерии оценки эффективности системы их передвижения для внеземных планет и спутников (обобщенно – планетоходов), теоретические и методические основы тепловых расчетов, проведения испытаний и исследования подвижности аппаратов в различных условиях эксплуатации; создан научно-технический задел для планетоходов следующего поколения, обладающих более высокой (прежде всего в сравнении с луноходами) подвижностью и гарантированной безопасностью функционирования при их эксплуатации как при движении по сильно пересеченной местности, так и по грунтам с низкой несущей способностью.

В таблице приведены некоторые из основных характеристик советского «Лунохода-1», который управлялся экипажем из пяти человек из ПДКС, и американского лунохода LRV, управление движением которого осуществлялось астронавтами, находившимися на его борту, а также одного из советских ходовых макетов с более высокими характеристиками подвижности, разработанного в ОАО «ВНИИТрансмаш» после выполнения СССР лунной программы исследования поверхности Луны с помощью автоматических передвижных лабораторий типа «Луноход-1».

В заключение отметим, что подобные встречи полезны не только для преподавателей, но и для аспирантов, студентов университета, которым предстоит решать аналогичные, но более сложные задачи, относящиеся к изучению и освоению космического пространства, Луны, Марса, Фобоса и других небесных тел.

Таким образом, можно заметить, что работа, выполненная В.Г. Довганем и его коллегами в прошлом веке, остается актуальной и интересной для наших современников, включая и передовую часть общества – студенческую молодежь.



**Сравнительная характеристика советских и американских  
луноходов, а также одного из ходовых макетов, разработанного  
в ОАО «ВНИИТрансмаш» в период с 1973 по 1995 гг.**

| Параметр                              | Размер-<br>ность | «Луноход-1»                        | LRV<br>(программа<br>«Аполлон»)       | Ходовой<br>макет                                         |
|---------------------------------------|------------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Масса                                 | кг               | 756                                | 664 (с двумя<br>астронавтами)         | 70                                                       |
| База $L$                              | мм               | 1706                               | 2290                                  | 700–1400                                                 |
| Колея                                 | мм               | 1600                               | 1830                                  | 700                                                      |
| Высота центра масс                    | мм               | 850                                | 800                                   | 700                                                      |
| Дорожный просвет                      | мм               | 300                                | 360                                   | –                                                        |
| Диаметр колеса $D$                    | мм               | 510                                | 800                                   | 350                                                      |
| Высота преодолеваемого<br>препятствия | мм               | 400                                | 300                                   | Более $D$                                                |
| Ширина преодолеваемого<br>препятствия | мм               | 600                                | 700                                   | Не менее<br>$0,5L$                                       |
| Максимальная скорость<br>передвижения | км/ч             | $1,0 \leftrightarrow 2,0$          | 13                                    | 0,5                                                      |
| Способ поворота                       | –                | Бортовой                           | Кинематический                        | Бортовой                                                 |
| Конструкция рамы                      | –                | Жесткая                            | Жесткая                               | Шарнирно<br>сочлененная                                  |
| Тип движителя                         | –                | Колесный<br>с жесткими<br>колесами | Колесный<br>с эластичными<br>колесами | Колесно-шагающий<br>с цилиндро-кони-<br>ческими колесами |
| Угол преодолеваемого<br>подъема       | град             | 20–25                              | 20                                    | 33                                                       |

Выражаем большую признательность В.Г. Довганю за неоценимый вклад в космонавтику, сложную и полезную работу, выполненную двумя экипажами при эксплуатации советских передвижных автоматических лабораторий «Луноход-1» и «Луноход-2» на поверхности Луны в период с 1970 по 1973 гг., стремление передать накопленный профессиональный опыт молодому поколению, согласие посетить Политехнический университет, чрезвычайно интересную, полезную встречу и прочитанную лекцию, а также ректорату и всем службам, которые обеспечивали его комфортное пребывание в университете и Санкт-Петербурге.

При подготовке статьи были использованы материалы, опубликованные в источниках [1–25].

### Список литературы

1. Средства передвижения по лунной поверхности // Военная авиация и ракетная техника. – ВИНТИ, 1967. – Вып. 15. – С. 16–17.

2. Первое путешествие лунохода // Известия. – 1970. – Спецвыпуск, ноябрь. – С. 311.
3. Автомат движется по Морю Дождей: беседа с руководителем работ по созданию самоходного шасси «Лунохода-1» // Правда. – 1970. – 18 ноября.
4. Космическая колесница: беседа с руководителем работ по созданию самоходного шасси «Лунохода-1» // Известия. – 1970. – 18 ноября.
5. Космонавтика. – М.: Советская энциклопедия, 1970. – 592 с.
6. Передвижная лаборатория на Луне – «Луноход-1» / под ред. А.П. Виноградова. – М.: Наука, 1971. – Т. I. – 128 с.
7. Виноградов А., Соколов С. «Луноход-2»: программа выполнена. Предварительные результаты исследований // Правда. – 1973. – 20 ноября. – С. 3.
8. Исследование физико-механических свойств образца лунного грунта, доставленного автоматической станцией «Луна-20» и по трассе движения самоходного аппарата «Луноход-2» / А.К. Леонович, В.В. Громов [и др.] // Сб. докл. на XXIV Конгрессе МАФ. – Баку, 1973.
9. Автоматические станции для изучения поверхностного покрова Луны / А.Л. Кемурджиан, В.В. Громов, И.И. Черкасов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1976. – 200 с.
10. Информационная система планетохода и вопросы обеспечения безопасности движения / Б.П. Петров, Е.В. Авотиньш [и др.] // Материалы 27-го Конгресса МАФ. – Анахайм, 1976.
11. Устойчивость движения транспортных машин в условиях пониженной гравитации / Е.В. Авотиньш, А.Л. Александров [и др.] // Космические исследования. – 1973. – Т. XII, вып. 6.
12. Устойчивость движения транспортных машин в слабом гравитационном поле / Е.В. Авотиньш, А.Л. Александров [и др.] // Космические исследования. – 1976. – Т. XIV, вып. 4.
13. Авотин Е.В., Александров А.К., Кемурджиан А.Л. К вопросу о прогнозировании проходимости планетохода // Космические исследования. – 1980. – Т. XVIII, вып. 2.
14. Александров А.К., Кемурджиан А.Л., Лупичев Л.Н. Самоходное шасси лунохода в системе дистанционного управления // Управление в пространстве: тр. VI Междунар. симпозиума ИФАК по автоматическому управлению в пространстве. – М.: Наука, 1976. – Т. II. – С. 256.
15. Передвижная лаборатория на Луне – «Луноход-1» / под ред. В.Л. Барсукова. – М.: Наука, 1978. – Т. 2. – 184 с.

16. Обеспечение безопасности движения автоматических транспортных машин в условиях бездорожья / Е.В. Авотин, А.К. Александров, А.Л. Кемурджиан [и др.] // Динамика управляемых систем. – Новосибирск: Наука, 1979.
17. Динамика планетохода / Е.В. Авотин, И.С. Болховитинов, А.Л. Кемурджиан [и др.]. – М.: Наука, 1979. – 440 с.
18. Планетоходы / под ред. А.Л. Кемурджиана. – М.: Машиностроение, 1982. – 319 с.
19. О колесно-шагающем подвижном роботе / А.Л. Кемурджиан, И.Ф. Кажукало, М.И. Маленков [и др.] // Материалы IV Всесоюз. конф. по оптимальному управлению в механических системах. – М., 1982. – С. 99.
20. Первые цветные изображения поверхности Венеры / Центр дальней космической связи, Ин-т проблем передачи информации АН СССР и ВНИИ комплексных проблем полиграфии. – М., 1982.
21. Передвижение по грунтам Луны и планет / под ред. А.Л. Кемурджиана. – М.: Машиностроение, 1986. – 272 с.
22. Громов В.В. Испытания марсохода в пустыне Мохави // Земля и вселенная. – 1993. – № 6.
23. Сферический робот как платформа для ведения экологического мониторинга / Р.Ю. Добрецов, Е.Г. Борисов [и др.] // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2015. – № 3. – С. 35–50.
24. Добрецов Р.Ю., Борисов Е.Г., Матросов С.И. О выборе типа привода для сферического робота // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2016. – № 2. – С. 17–29.
25. Семенов А.Г. Амфибия с солнечной батареей // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2016. – № 2. – С. 100–117.

## References

1. Sredstva peredvizheniia po lunnoi poverkhnosti [Vehicles on the lunar surface]. *Voennaia aviatsiia i raketnaia tekhnika*. VINITI, 1967, Iss. 15, pp. 16-17.
2. Pervoe puteshestvie lunokhoda [First trip Rover]. *Izvestiia*, Special Iss., 1970, November, pp. 311.
3. Avtomat dvizhetsia po Moriu Dozhdei (Beseda s rukovoditelem rabot po sozdaniiu samokhodnogo shassi «Lunokhoda-1») [The machine moves along the Sea of Rains (interview with the head of works on creation of self-propelled chassis «Lunokhod-1»)]. *Pravda* ot 18 noiabria 1970.
4. Kosmicheskaiia kolesnitsa (Beseda s rukovoditelem rabot po sozdaniiu samokhodnogo shassi «Lunokhoda-1») [Cosmic chariot (interview

with the head of works on creation of self-propelled chassis «Lunokhod-1»)]. *Izvestiia*, ot 18 noiabria 1970.

5. Kosmonavtika [Astronautics]. Moscow: Sovetskaia entsiklopediia, 1970. 592 p.

6. Peredvizhnaia laboratorii na Lune – «Lunokhod-1» [Mobile laboratory on the moon – «Lunokhod-1»]. Ed. A.P. Vinogradov. Moscow: Nauka, 19716 Vol. I. 128 p.

7. Vinogradov A. «Lunokhod-2»: Programma vpolnena. Predvaritel'nye rezul'taty issledovaniia / A. Vinogradov, S. Sokolov [«Lunokhod-2»: the Program is executed. Preliminary research results]. *Pravda*, ot 20 noiabria 1973. – S. 3.

8. Leonovich A.K., Gromov V.V. et al. Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh svoistv obraztsa lunnogo grunta, dostavlennogo avtomaticheskoi stantsiei «Luna-20» i po trasse dvizheniia samokhodnogo apparata «Lunokhod-2» [Study of physico-mechanical properties of a sample of lunar soil, delivered by the automatic station «Luna-20» and along the motion of self-propelled machine «Lunokhod-2»]. Doklad na XXIV kongresse MAF. USSR. Baku, 1973.

9. Kemurdzhian A.L., Gromov V.V., Cherkasov I.I. et al. Avtomaticheskie stantsii dlia izucheniia poverkhnostnogo pokrova Luny [Automatic station for exploring the surface of the moon cover]. Moscow: Mashinostroenie, 1976. 200 p.

10. Petrov B.N., Avotin'sh E.V. et al. Informatsionnaia sistema planetokhoda i voprosy obespecheniia bezopasnosti dvizheniia [Information system of the vehicle to other planets and ensuring traffic safety]. 27 kongress MAF, USA, Anaheim, 1976.

11. Avotin'sh E.V., Aleksandrov A.L. et al. Ustoichivost' dvizheniia transportnykh mashin v usloviakh ponizhennoi gravitatsii [i dr.] [The stability of the motion of vehicles in a reduced gravity environment]. *Kosmicheskie issledovaniia*, 1973, Vol. XIV, Iss. 6.

12. Avotin'sh E.V., Aleksandrov A.L. et al. Ustoichivost' dvizheniia transportnykh mashin v slabom gravitatsionnom pole [The stability of the motion of vehicles in a weak gravitational field]. *Kosmicheskie issledovaniia*, 1976, Vol. XIV, Iss. 4.

13. Avotin, E.V., Aleksandrov A.K., Kemurdzhian A.L. K voprosu o prognozirovaniia prokhozimosti planetokhoda [To the question of forecasting terrain vehicles to other planets]. *Kosmicheskie issledovaniia*, 1980, Vol. XVIII, Iss. 2.

14. Aleksandrov A.K., Kemurdzhian A.L., Lupichev L.N. Samokhodnoe shassi lunokhoda v sisteme dstantsionnogo upravleniia [Self-propelled chassis of the Rover in the remote control system]. Upravlenie v prostran-

stve: Trudy VI Mezhdunarodnogo simpoziuma IFAK po avtomaticheskomu upravleniiu v prostranstve, Vol.II, Moscow: Nauka, 1976, pp. 256.

15. Peredvizhnaia laboratorii na Lune – «Lunokhod-1» [Mobile laboratory on the moon – «Lunokhod-1»]. Ed. V.L. Barsukov, Vol. 2. Moscow: Nauka, 1978. 184 p.

16. Avotin E.V., Aleksandrov A.K., Kemurdzhian A.L. et al. Obe-spechenie bezopasnosti dvizheniia avtomaticheskikh transportnykh mashin v usloviakh bezdorozh'ia [Security motion auto transport vehicles in off-road conditions]. Dinamika upravliaemykh sistem. Novosibirsk: Nauka, 1979.

17. Avotin E.V., Bolkhovitinov I.S., Kemurdzhian A.L. et al. Di-namika planetokhoda [The dynamics of the vehicle for other planets]. Mos-cow: Nauka, 1979. 440 p.

18. Planetokhody [Vehicles to other planets]. Ed. A.L. Kemurdzhian. Moscow: Mashinostroenie, 1982. 319 p.

19. Kemurdzhian, A.L., Kazhukalo I.F., Malenkov M.I. O kolesno-shagaiushchem podvizhnom robote [About wheel-ahausen mobile robot]. IV Vsesoiuznaia konferentsiia po optimal'nomu upravleniiu v mekhani-cheskikh sistemakh. Moscow, 1982, pp. 99.

20. Pervye tsvetnye izobrazheniia poverkhnosti Venery [The first color images of the surface of Venus]. Tsentr dal'nei kosmicheskoi svyazi, Institut Problem Peredachi Informatsii AN USSR i VNII kompleksnykh problem poligrafii, 1982.

21. Peredvizhenie po gruntam Luny i planet [Movement through the soil of the moon and planets]. Ed. A.L. Kemurdzhian. Moscow: Mashinos-troenie, 1986. 272 p.

22. Gromov, V.V. Ispytaniia marsokhoda v pustyne Mokhavi [Testing of the Rover in the desert Mohave]. *Zemlia i Vselennaia*, 1993, no. 6.

23. Dobretsov R.Iu., Borisov E.G. et al. Sfericheskii robot kak plat-forma dlia vedeniia ekologicheskogo monitoring [A spherical robot as a platform for conducting environmental monitoring]. *Transport. Transportnye sooruzheniia. Ekologiya*, 2015, no. 3, pp. 35-50.

24. Dobretsov R.Iu., Borisov E.G., Matrosov S.I. O vybore tipa privoda dlia sfe-richeskogo robota [About choice of the type of the drive for spherical ro-bot]. *Transport. Transportnye sooruzheniia. Ekologiya*, 2016, no. 2, pp. 17-29.

25. Semenov A.G. Amfibii s solnechnoi batareei [Amphibian with solar energy installation]. *Transport. Transportnye sooruzheniia. Ekologiya*, 2016, no. 2, pp. 100-117.

Получено 20.03.2017

### Об авторах

**Авотин Евгений Викторович** (Санкт-Петербург, Россия) – кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: agentnumer007@yandex.ru).

**Семенов Александр Георгиевич** (Санкт-Петербург, Россия) – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, почетный изобретатель Европы, академик ЕАЕН, МАНЭБ, МАСТ, ПАНИ, член-корреспондент АВН, доцент кафедры «Инжиниринг силовых установок и транспортных средств» Института энергетики и транспортных систем, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: agentnomer117@mail.ru).

### About the authors

**Evgenii V. Avotin** (Saint Petersburg, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (29, Polytechnic st., Saint Petersburg, 614990, Russian Federation, e-mail: agentnumer007@yandex.ru).

**Aleksandr G. Semenov** (Saint Petersburg, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Senior Scientific Employee, the Real Member (the Academician) to European Academy of the Natural Sciences, International Academy of the Sciences to Ecologies and Safety to Vital Activity, International Academy Social Technology, Peter Academies of the Sciences, Associate Member Academies of the Military Sciences, Associate Professor, Department of Engineering of Engines and Transport Vehicles, Institute of Energy and Transport Systems, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (29, Polytechnic st., Saint Petersburg, 614990, Russian Federation, e-mail: agentnomer117@mail.ru).