

Одной из актуальных задач на сегодня является создание сетевых систем связи с кодовым разделением, позволяющих передавать данные как между БПЛА и НКУ, так и транзитом через все доступные БПЛА. При этом для обеспечения устойчивой связи с удаленным БПЛА возможно использовать малые БПЛА в качестве ретрансляторов сигнала.

Библиографические ссылки

1. Boev N. Design and Implementation Antenna for Small UAV. International Siberian Conference on Control and Communications SIBCON IEEE. 2011.

2. Решение Государственной комиссии по радиочастотам при Министерстве информационных технологий и связи Российской Федерации от 6 декабря 2004 г. № 04-03-04-003 Об использовании полосы радиочастот 2400-2483.5 МГц для внутриофисных систем передачи данных.

3. Долуханов М. П. Распространение радиоволн. М. : Связь, 1972.

4. Склад Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. М. : Вильямс, 2003.

5. Окунев Ю. Б. Цифровая передача информации фазомодулированными сигналами. М. : Радио и связь, 1991.

N. M. Boev

ANALYSIS OF UAV RADIO CONTROL AND TELEMETRY SYSTEMS

The analysis of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) radio control and telemetry systems is considered. The descriptions and characteristics of communication equipment are presented. Requirements for the choice of ground control unit, antenna and UAV are formulated. The author gives the possible ways of development of radio systems for UAV.

Keywords: UAV, radio communication.

© Боев Н. М., 2012

УДК 536.46

А. Г. Кучкин, С. В. Хижняк, Е. Я. Мучкина, М. Е. Баранов, В. Н. Анпилогов

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА ОБЪЕКТАХ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Дается анализ экологической обстановки специального объекта Министерства обороны Российской Федерации, и механизм восстановления химически загрязненных почв.

Ключевые слова: почва, нефтепродукты, фитотоксичность, антропогенное воздействие, ракетно-космическая техника.

Важное значение в структуре научно-технического развития и экологической обстановки в мире приобретает взаимосвязь эксплуатации ракетно-космической техники (РКТ) и экологии. Вооруженные силы Российской Федерации имеют многоплановую сферу деятельности, которая влияет на экологическую обстановку территорий нашей страны. В войсковых частях имеется большое число потенциально опасных в экологическом отношении военных объектов, таких как пусковые установки баллистических ракет, хранилища и склады ракетных топлив, боеприпасов, вооружения и военной техники, горючесмазочных материалов и т. д. Во время их эксплуатации происходит периодическое загрязнение окружающей природной среды: атмосферного воздуха, почвы, поверхностных и подземных вод, растительного и животного мира. Кроме того, на этих объектах могут происходить аварии, приводящие к более серьезным и возможно непоправимым экологическим последствиям.

С 2002 г. в рамках межправительственной Программы совместного уменьшения угрозы между Российской Федерацией и Соединенными Штатами Америки, а также в соответствии с Договором о сокращении и ограничении стратегических наступательных вооружений проводятся работы по выводу из эксплуатации ракетных комплексов и сокращения объектов Министерства обороны (МО) РФ.

Целью исследования является изучение экологической обстановки объектов Министерства обороны, выявление характерного состава загрязнений и определение механизма восстановления природных экосистем.

Объекты и методы. Объектом исследования являлись почва, растительный покров и водные ресурсы с бывшего места дислокации воинской части в районе поселка Кедровый Емельяновского района Красноярского края.

Для определения химического загрязнения почвы и воды использовали:

- 1) объединенные пробы почвы с мест заправки компонентами ракетных топлив (КРТ);
- 2) загрязненную мазутом почву, отобранную в зоне мазутного хранилища, а также с контрольной точки;
- 3) пробы воды из поверхностных водоемов, из стволов ликвидированных шахтных пусковых установок, из пробуренных геологических и артезианских скважин питьевого водоснабжения исследуемого объекта.

Для оценки уровня техногенного загрязнения использовался метод биотестирования [1].

Тест-объектами служили:

- 1) кресс-салат (*Lepidium sativum*), энергия прорастания и всхожесть семян которого широко используются для биотестирования техногенного загрязнения согласно ГОСТ 12038–84 [2];

- 2) сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.), которая при оценке состояния окружающей среды многими учеными используется в качестве биоиндикатора [2], так как она является видом, реагирующим на загрязнение среды обитания продуктами техногенеза [3].

Результаты исследования. При эксплуатации РКТ тем или иным образом происходит воздействие на экосистемы в местах дислокации специальных объектов по следующим основным направлениям:

- 1) для размещения и поддержания работоспособности ракетной техники используются природные ресурсы (земельные территории, лес, водные источники и т. п.);

- 2) воздействие путем химического, физического, микробиологического загрязнения. В процессе повседневной деятельности войск выделяется большое количество отходов, требующих утилизации, а при строительстве военных объектов либо при выводе из эксплуатации ракетных комплексов происходит механическое перемещение почвенных грунтов, приводящее как к ухудшению биологических свойств почвы, так и к изменению природных ландшафтов;

- 3) антропогенное воздействие со стороны всех субъектов хозяйственной, военной и иных видов деятельности [4].

Рассмотрим основные виды антропогенного воздействия от деятельности РКТ.

Вырубка лесов. При строительстве военных объектов идет значительная вырубка леса, так как данные объекты являются режимными, то они должны находиться на значительном удалении от городов, а также лесные массивы являются хорошей естественной маскировкой.

Механическое повреждение почв. Данный фактор возникает как при строительстве объектов, так и при рекультивации земель в ходе ликвидации их инфраструктуры. При рекультивации земель сооружения уничтожаются методом подрыва, что приводит к механическому повреждению почв и образованию большого количества строительного мусора и пыли.

Загрязнения выхлопными газами от автотранспорта. Вместе с выхлопными газами автотранспорта

в атмосферу попадает огромное количество токсинов и канцерогенов. Специальные агрегаты как правило располагаются на многоосных шасси, например МАЗ-7917, у которого расход дизельного топлива составляет 210 л на 100 км [5].

Утечки и проливы КРТ. В качестве компонентов ракетного топлива используется горючее несимметричный диметилгидразин (НДМГ) и окислитель на основе концентрированной азотной кислоты [6]. В существующих системах заправки ракет существуют агрегаты дожигания паров КРТ. Они используются в процессе заправки для последующей нейтрализации паров КРТ. Но в связи с возможными неисправностями или действием человеческого фактора возникают утечки как во время заправки КРТ, так и во время их хранения.

Утечки нефтепродуктов. В связи с тем, что места дислокации воинских частей являются автономными объектами, но на их территории имеются мазутные котельные. В составе дымовых газов котельных в атмосферу выбрасываются диоксид серы, оксид углерода и происходят утечки нефтепродуктов, связанные с естественными убылями, а также неисправностями оборудования. Сложный химический состав нефтепродуктов и в первую очередь мазутов, приводит к ряду экологических проблем, связанных с изменением биологических и микробиологических свойств почвы и воды, а также к тому, что растительному и животному миру наносится большой ущерб. В частности, в почве увеличивается содержание серы, продуктов частичного окисления углеводов, тяжелых металлов, входящих в состав темных нефтепродуктов, содержание которых больше предельно допустимой нормы (ПДК). Тяжелые металлы отрицательно действуют на растения, замедляют их развитие, в несколько раз уменьшают общее содержание микроорганизмов, а самое главное, замедляют действие более 15 ферментов, содержащихся в организме человека [7].

Электромагнитные поля и излучения. Основными источниками электромагнитных полей и излучения различных характеристик на объектах МО РФ являются радиоаппаратура, трансформаторные подстанции и электризуемые ограждения. Воздействие электромагнитных полей сверхвысокочастотного диапазона (микроволны) у человека вызывают изменения кровообращения и дыхания, направленные на усиление теплоотдачи – резкое учащение дыхания, сердечного ритма, расширение кожных сосудов и сосудов внутренних органов и т. д.

Загрязнения, возникающие от хозяйственной деятельности воинских частей: неочищенные стоки, бытовые отходы, строительный и бытовой мусор, отработанные масла, краски и растворители, электролиты, хозяйственно-бытовые сточные воды.

Экологическая безопасность работ при ликвидации специальных объектов обеспечивается комплексом организационных и технических мероприятий, одним из которых является эколого-гигиеническое сопровождение работ. Оно осуществляется с привле-

чением специализированных организаций федерального и регионального уровней, имеющих лицензии на этот вид деятельности и аккредитованных по контролируемым параметрам.

Исследования проводились совместно со специалистами ЗАО «Промтекон», Государственного научного центра Российской Федерации – Института биофизики, ФГУЗ Центра гигиены и эпидемиологии в Красноярском крае под контролем Росприроднадзора, Ростехнадзора, Главного управления по делам ГО и ЧС Красноярского края и специальной комиссии МО РФ. Оценка возможного радиационного загрязнения окружающей среды на всех этапах вывода из эксплуатации и ликвидации исследуемого объекта показала, что полученные значения не превышают фоновых значений (мощность экспозиционной и эквивалентной доз внешнего гамма-излучения составляет 0,1–0,13 мкЗв/час (10–13 мкР/час), уровни альфа- и бета-полей – менее 1 част./см²мин, удельная активность радионуклидов и прежде всего техногенного цезия-137 составляет 14,3±2,7 Бк/кг). Измерения проводились измерителями мощности дозы ИМД-1Д и ИМД-2Н на 10 контрольных точках, расположенных на местах эксплуатации РКТ [6].

Эколого-гигиеническую оценку возможного загрязнения горючим НДМГ почвы, поверхностных и грунтовых вод на территории ликвидируемых объектов ракетной части осуществляли специалисты Государственного научного центра Российской Федерации – Института биофизики. Анализ отобранных проб показал отсутствие в них горючего НДМГ [6]. Ликвидация железобетонных фундаментов специальных сооружений производилась методом подрыва. Такой метод был выбран как наиболее оптимальный и соответствующий условиям договора между РФ и США о сокращении и ограничении стратегических наступательных вооружений.

В техническом отчете дается оценка воздействия ликвидации железобетонных фундаментов специальных сооружений методом подрыва на окружающую среду, в том числе на атмосферный воздух [8]. Приводится номенклатура загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу при взрыве, и их количество. К этим веществам относятся всем известные диоксид азота, оксид углерода и пыль неорганическая. При ликвидации одного объекта выброс этих веществ в атмосферу составляет около 2,5 т, что равно менее 0,001 % от количества загрязняющих веществ, которые ежегодно выбрасывают автотранспорт, промышленные предприятия и объекты энергетики Красноярского края.

После ликвидации методом подрыва фундаментов специальных сооружений специалистами ЗАО «Промтекон» разработан проект технической рекультивации нарушенных земель, поведено его согласование, государственная экологическая экспертиза и реализация. Рекультивация заключается в вывозе образовавшихся строительных отходов – железобетона и боя кирпича (5 класс безопасности – практически неопасные) – для захоронения, засыпки образовав-

шихся котлованов грунтом, планировки территории и засева восстановленного почвенного покрова травами, характерных для данной местности.

Далее осуществлялась передача объектов жилищно-коммунального хозяйства в муниципальные образования. К сожалению, данный этап работ из-за недостаточного финансирования со стороны Министерства обороны не был выполнен в полном объеме. В результате чего на территории бывшей ракетной части, дислоцировавшейся в п. Кедровый и его окрестностях, находятся бесхозные сооружения: бывшие склады, казармы, штабы, котельные и другие объекты.

Данные сооружения, как правило, имеют аварийное состояние. В 2007 г. из котельной бывшей воинской части на почву было пролито тысячи тонн мазута (рис. 1).

По подсчетам специалистов Росприроднадзора и Ростехнадзора, объем разлитого мазута составляет 2 394,4 т, образовались семь мазутных озер, расположенных более чем на 3 000 м².



Рис. 1. Утечки мазута из емкостей котельной п. Кедровый Красноярского края

Вблизи мазутохранилища, к западу от него находится комплекс зданий жилого городка. С севера прилегает мазутонасосная станция, лесополоса и протекает р. Тамасул. В западной части размещаются капитальные сооружения ЖКХ. В южной и восточной частях расположены садово-огородные участки с постройками.

Рельеф местности, на котором разлит мазут, имеет наклонный характер в сторону р. Тамасул.

Для проведения анализа на содержание нефтепродуктов в зоне мазутного загрязнения в мае 2008 г. отобраны 4 пробы. Пробы отбирались в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02–84 [9]. Химический анализ проб проведен в филиале ФГУП ЦЛАТИ по Сибирскому ФО – Канском межрайонном отделе лабораторного анализа и технических измерений. Содержание нефтепродуктов в пробах определяли спектрофотометрически на Концентратометре КН-2 согласно ГОСТ 17.4.4.02–84, МВИ. Результаты КХА представлены в таблице.

Параллельно с химическим анализом почвы на содержание нефтепродуктов, проводилось изучение влияния нефтепродуктов на биообъекты.

Химический анализ проб

| Наименование компонента | Результаты измерений, $C \pm \Delta$, мг/кг ($p = 0,95$) | | | | Обозначение методики КХА |
|-------------------------|---|--------------|-------------|-------------|--------------------------|
| | Проба № 1 | Проба № 2 | Проба № 3 | Проба № 4 | |
| Нефтепродукты | 80 000 ± 200 | 76 500 ± 191 | 38 300 ± 96 | 10 100 ± 96 | ПНД ф16.1:2.22-98 |
| | | | | | |

Из биологических методов многие авторы считают приоритетным метод биоиндикации [10]. Наиболее удобными для оценки состояния окружающей среды являются растения, так как они осуществляют более интенсивный газообмен по сравнению с человеком и животными, обладают более высокой чувствительностью и стабильностью ответной реакции на действие различных внешних факторов [11].

Для оценки химической нагрузки на фитоиндикатор используют разные его признаки. Самым распространенным и наиболее простым в исполнении является морфологический подход [12]. На объекте исследований изучали *Pinus silvestris* L.

В качестве основных параметров оценки выбраны морфологические показатели годового линейного прироста: длина годового прироста, количество хвои осевого побега, длина хвои, диаметр осевого побега [13].

Для реализации намеченных целей было проведено обследование сосны обыкновенной. Обследование проводили по общепринятой методике на двух пробных площадях (20×25 м). На каждой пробной площадке обследовали по 10 деревьев. Первая пробная площадь заложена на объекте исследований; вторая является контрольной точкой, которая заложена в том же населенном пункте, при равных природных условиях (состав грунта, освещенность и т. п.), но без воздействия нефтепродуктов. Все материалы обработаны статистически по общепринятой методике.

Исследование морфометрических показателей *Pinus silvestris* L. показало, что средняя длина годового прироста первого и второго порядка, подверженных воздействию нефтепродуктов деревьев, была на 37 % меньше, чем на контрольной точке, что связано с ухудшением жизненного состояния сосны вследствие влияния нефтеуглеводородов (рис. 2).



Рис. 2. Средние морфометрические показатели *P. silvestris* L. на территории объекта исследований в начале вегетативного периода

В 2011 г. под руководством администрации п. Кедровый проведена механическая рекультивация загрязненных мазутом земель.

Для определения фитотоксичности грунта после механической рекультивации в сентябре 2011 г. были отобраны пробы с горизонта 0–20 см [9].

В каждой точке отбирали по 5 образцов грунта с площади 1 м² методом конверта, из которых формировали объединённую пробу. Фитотоксичность определяли биотестированием с использованием кресс-салата (*Lepidium sativum*) в качестве тест-объекта. Учитывали ингибирование прорастания тест-культуры в сравнении с контролем согласно ГОСТ 12038–84. Контролем служил грунт, отобранный из незагрязнённого участка.

Сравнение всхожести с контролем проводили по точному F-критерию для таблиц 2×2 с использованием пакета StatSoft STATISTICA 6.0.

Несмотря на проведённую механическую рекультивацию, биотестирование показало сохранение высокой фитотоксичности грунта. Во всех образцах грунта отмечено статистически значимое (от $p = 0,05$ до $p < 0,001$) снижение всхожести тест-культуры относительно контроля. При этом наблюдается статистически значимая ($p < 0,001$) географическая неравномерность в фитотоксичности (рис. 3).

Максимальный уровень фитотоксичности отмечен на южной и северной областях восточной оконечности участка, минимальный – на северной оконечности участка. Линейная аппроксимация даёт следующее уравнение регрессии для фитотоксичности:

$$Y = -8,9 + 0,175X_1 + 16,140X_2,$$

где X_1 – расстояние в метрах от крайней юго-западной точки участка в направлении на север; X_2 – расстояние в метрах от крайней юго-западной точки участка в направлении на восток; Y – подавление прорастания семян тест-культуры в сравнении с контролем, %.

Указанная неравномерность в распределении фитотоксичности объяснена топографическими особенностями загрязнённого участка либо неравномерностью проведения механической рекультивации и должна быть учтена при проведении дальнейших рекультивационных мероприятий.

Механическая рекультивация не обеспечила нормализации экологического состояния загрязнённого участка. В этой связи следует рекомендовать проведение мероприятий по биологической рекультивации данной территории.

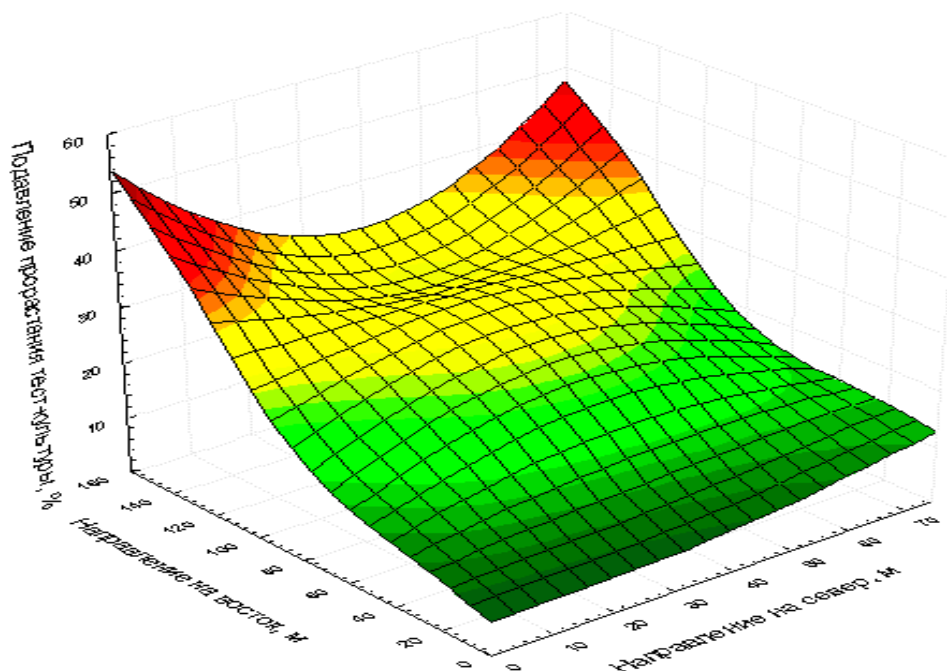


Рис. 3. Карта фитотоксичности грунта на участке после проведения механической рекультивации (цифрами по вертикальной оси показан % угнетения всхожести тест-культуры относительно контроля, по горизонтальным осям – расстояние от крайней юго-западной точки участка)

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1) после ликвидации воинской части в районе п. Кедровый сложилась неблагоприятная экологическая обстановка, в первую очередь, из-за неконтролируемого разлива мазута из оставшегося бесхозным мазутохранилища;

2) механическая рекультивация загрязненного мазутом участка не обеспечила нормализации его экологического состояния, что нашло своё отражение в сохранении высокого уровня фитотоксичности грунта. В этой связи требуется проведение биологической рекультивации данной территории;

3) при проведении биологической рекультивации необходимо учитывать ярко выраженную пространственную неравномерность уровня остаточной загрязнённости грунта, выражающуюся в статистически значимом увеличении фитотоксичности в направлении с запада на восток.

Библиографические ссылки

1. Багдасарян А. С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов : дис. ... канд. биол. наук. Ставрополь, 2005.

2. ГОСТ 12038–84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М. : Изд-во стандартов, 1984.

3. Ковылина О. П., Зарубина И. А., Ковылин А. Н. Оценка жизненного состояния сосны обыкновенной в

зоне техногенного загрязнения // Хвойные бореальной зоны. № 3. 2008. С. 284–289.

4. Военная экология : учеб. пособие. М. : ВИА МО РФ, 1995. С. 5–28.

5. Колесное шасси 7917 : учеб. пособие. М. : РВСН, 2000. С. 8–9.

6. Основы устройства и эксплуатации заправочного оборудования : учеб. пособие МО РФ. 2003. С. 17–26.

7. Давыдова С. Л., Тагасов В. И. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века. М. : Изд-во РУДН, 2002. С. 26–33.

8. Технический отчет по рекультивации земель, нарушенных после ликвидации методом подрыва фундаментов специальных сооружений и отдельных элементов строительной инфраструктуры площадки 10Ж. М. : ЗАО «Промтекон», 2005. С. 5–10.

9. ГОСТ 17.4.4.02–84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М. : Изд-во стандартов, 1984.

10. Соболева О. М. Эколого-физиологическая адаптация сосны обыкновенной на урбанизированных территориях Кемеровской области : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Барнаул, 2009. С. 6–20.

11. Сергейчик А. Растения и экология. Минск : Урожай, 1997.

12. Здоровье среды: методика оценки / В. М. Захаров [и др.]. М. : ЦЭПР, 2000.

13. Федорова А. И., Никольская А. Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. М. : 2001.

A. G. Kuchkin, S. V. Hijnyak, E. Ya. Muchkina, M. E. Baranov, V. N. Anpilgov

**ANALYSIS OF ECOLOGICAL CONDITIONS ON OBJECTS OF OPERATION
OF ROCKET-SPACE TECHNICS OF THE MINISTRY OF DEFENCE
OF RUSSIAN FEDERATION**

The analysis of ecological conditions of special object of the Ministry of Defense of Russian Federation and the mechanism of restoration of chemically polluted soils, is given.

Keywords: soil, oil products, phytotoxicity, anthropogenous influence, space-rocket equipment.

© Кучкин А. Г., Хижняк С. В., Мучкина Е. Я., Баранов М. Е., Анпилов В. Н., 2012

УДК 629.01

Ю. П. Похабов

**ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОТКАЗНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
МЕХАНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ОДНОРАЗОВОГО СРАБАТЫВАНИЯ
НА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТАХ**

Рассматривается один из подходов к обеспечению безотказности функционирования механических устройств одноразового срабатывания на космических аппаратах. Приводится перечень процедур по реализации указанного подхода.

Ключевые слова: космический аппарат, безотказность, механические устройства одноразового срабатывания, функционирование.

Базовые понятия и определения. Условия доставки космических аппаратов (КА) на околоземную орбиту накладывают ограничения на его габариты в соответствии с размерами зоны полезного груза (ЗПГ) ракеты-носителя (РН). Чтобы увеличить эксплуатационные возможности КА применяют механические устройства (МУ), которые позволяют осуществлять компактное складывание крупногабаритных бортовых конструкций КА в стартовое положение и их автоматическое развертывание в рабочее положение после отделения от РН [1]. Главной функциональной задачей таких МУ является однократное автоматическое перемещение (отделение, выдвижение или поворот) бортовых конструкций относительно корпуса КА после выведения на околоземную орбиту, в результате чего обретается его рабочая конфигурация, и создается возможность работы бортовых систем.

Современные концепции проектирования основаны на преимущественном использовании в составе КА двух классов МУ: отделяемых (системы отделения КА от последней ступени РН) и поворотных (МУ раскрытия солнечных батарей, трансформируемые крупногабаритные космические рефлекторы, устройства разворота рефлекторов антенн, штанги приборов и пр.). Главное отличие отделяемых и поворотных МУ заключается в том, что последние после развертывания на орбитальном участке полета остаются неотъемлемой частью КА в виде несущих конструкций солнечных батарей, рефлекторов, выносных конструкций приборов и антенн и пр.

Общепринятого термина для обозначения указанных классов МУ до сих пор не существует, в различных источниках они именуется по-разному: объекты одноразового использования [2], механизмы одноразового действия [3] и МУ одноразового срабатывания [4].

Слово «одноразовый» во всех употребляемых терминах служит ключевым понятием и указывает на целевую направленность выполнения задач МУ на орбитальном участке полета в условиях факторов космического пространства (ФКП) [5]. При этом в отличие от синонимов: «единичный» и «однократный», термин «одноразовый» охватывает весь жизненный цикл функционирования МУ, включающий помимо выполнения целевых задач еще и обеспечение проверок функционирования на стендах при заводских приемо-сдаточных испытаниях и (или) при наземной экспериментальной отработке. Соответственно, при проектировании МУ предусматривается возможность реверсного движения в ручном или автоматическом режиме во время наземных испытаний и проверок при срабатываниях в пределах не менее 50 циклов [6].

Таким образом, из рассмотренного синонимического ряда, термин «МУ одноразового срабатывания», по мнению автора, наиболее точно и однозначно раскрывает понятия, присущие его функционированию в течение жизненного цикла, и характеризует следующие свойства технического объекта:

1) способность осуществлять механические движения тел, изменяющие его положение в простран-