

**С. А. Чабаненко, А. С. Корольков, С. И. Ерофеев**

Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» им. М. К. Янгеля», Днепро, Украина

## ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ТРАНСПОРТНО-УСТАНОВОЧНОГО АГРЕГАТА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ

*На ГП «КБ «Южное» им. М. К. Янгеля» разработан универсальный транспортно-установочный агрегат для транспортировки, установки и удержания ракет космического назначения легкого и тяжелого классов, собираемых и транспортируемых в горизонтальном положении из монтажно-испытательного корпуса на разные пусковые столы по пути без уклона, для повышения унификации и уменьшения количества наземного оборудования при наименьших финансовых затратах.*

**Ключевые слова:** транспортно-установочный агрегат, пусковой стол, ракета космического назначения, системы управления активными модулями, транспортная система термостатирования.

Анализ информации по зарубежным образцам ракетной техники показал, что мировой опыт создания конкурентоспособных изделий показывает, что широкое использование унифицированных узлов и агрегатов позволяет уменьшить сроки разработки образца и затраты на изготовление и экспериментальную отработку. В ГП «КБ «Южное» [[www.yuzhnoye.com/](http://www.yuzhnoye.com/)] ведется разработка ракетно-космического комплекса (РКК), включающего ракеты-носители (РН) легкого и тяжелого классов собираемые и транспортируемые в горизонтальном положении из монтажно-испытательного корпуса (МИК) на два разных пусковых стола (ПС) по пути без уклона, при полном отсутствии базовой инфраструктуры. Такой подход дает возможность сократить промежуток времени между пусками ракет. Была поставлена задача разработать конкурентоспособный универсальный транспортно-установочный агрегат (ТУА).

**Транспортно-установочные агрегаты обеспечивают:**

- транспортирование ракеты космического назначения (РКН) из МИК на стартовый комплекс (СК);

- установку и ветровое удержание РКН на ПС;
- проведение работ в случае отмены пуска — снятие РКН с ПС, ее транспортирование в МИК для проведения последующих операций с РКН.

Главным критерием конкурентоспособности ТУА является минимальная стоимость разработки, изготовления и эксплуатации агрегата. В связи с отсутствием объективных (фактических) данных по стоимости, оценка проводилась по показателям:

- 1) масса, как интегральный показатель;
- 2) качественная оценка стоимости с учетом сложности агрегатов;
- 3) необходимость проектирования, конструирования, наземной экспериментальной отработки.

Также к показателям, влияющим на стоимость ТУА можно отнести: применение покупных серийных изделий, уменьшение энергопотребления агрегата и автоматизирование технологических процессов.

Традиционно для ракетной техники, разработанной в СССР, в частности для изделий ГП «КБ



Рис. 1. Транспортно-установочный агрегат на железнодорожном ходу с использованием серийных колесных пар при транспортировании и установке ракеты космического назначения на пусковой стол: а, б — для РКН «Протон М», в, г — для РКН «Союз-У», д, е — для РКН «Союз-ФГ», ж, з — для РКН «SpaceX»

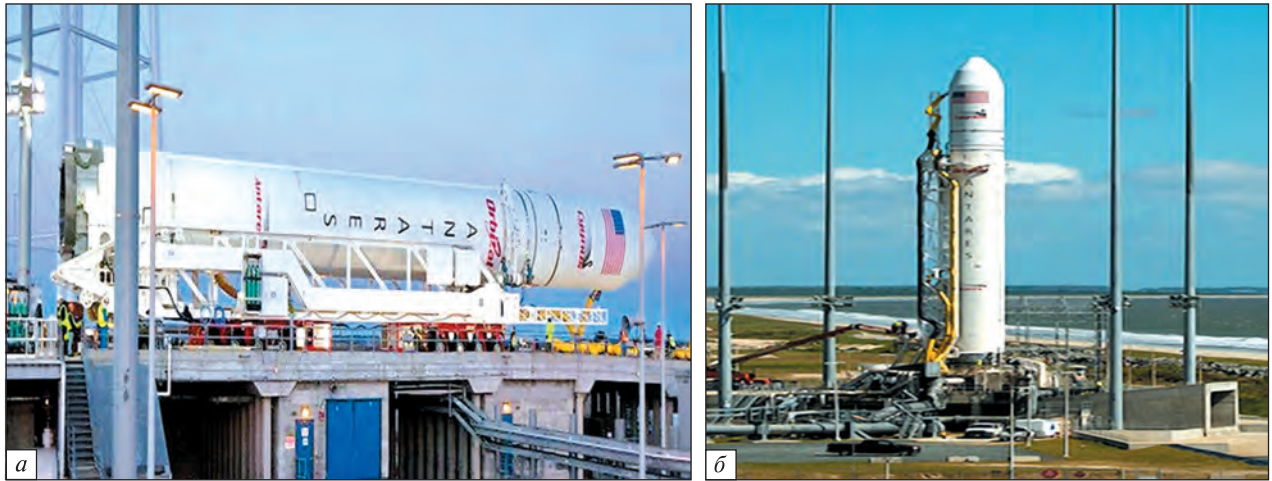


Рис. 2. Транспортно-установочный агрегат на колесном ходу для ракеты космического назначения «Антарес»: а — при транспортировании, б — при установке

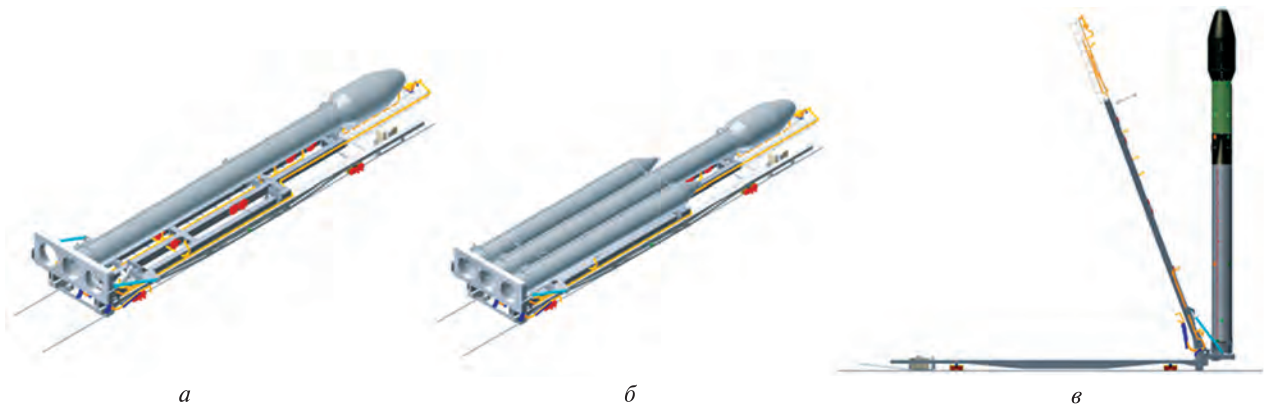
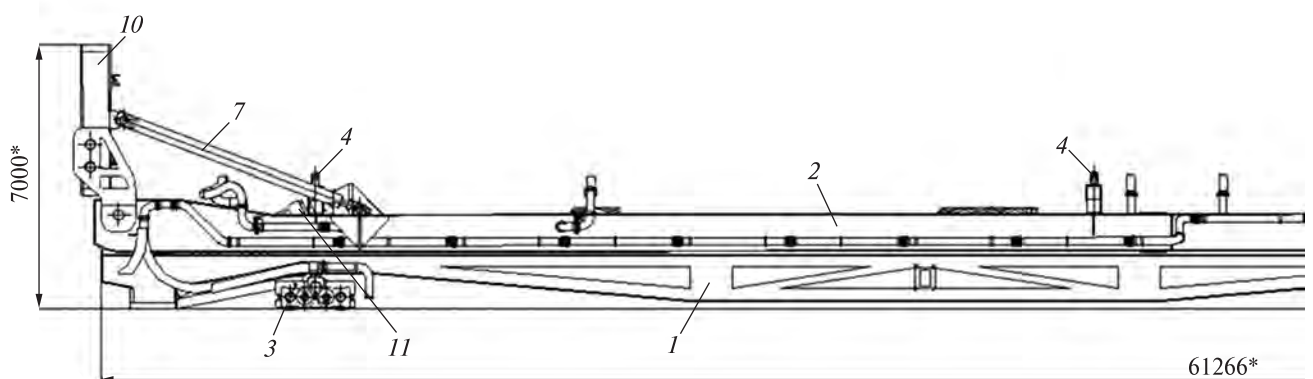


Рис. 3. Предложенный универсальный конкурентоспособный транспортно-установочный агрегат: а — с РКН легкого класса, б — с РКН тяжелого класса, в — стрела ТУА в отведенном положении



«Южное», ТУА применяются на железнодорожном ходу с использованием серийных колесных пар для движения по стандартной колее (рис. 1).

Вариант ТУА разработан для перевозки тяжелой ракеты с возможностью его использования и для легкой РКН. В такой конструкции из-за малой грузоподъемности железнодорожной колесной пары (32 т) требуется большое количество колесных пар для передвижения имеющейся массы. Для обеспечения доставки РКН из МИК на разные ПС требуется движения по криволинейному пути, что при использовании железнодорожного пути и при большом количестве железнодорожных колесных пар приводит к увеличению высоты ТУА и создает риск опрокидывания. Прокладка двух параллельных железнодорожных путей позволит уменьшить общую высоту ТУА, однако движение по криволинейному пути также усложнено. Для осуществления движения по железнодорожному пути, как правило, тре-

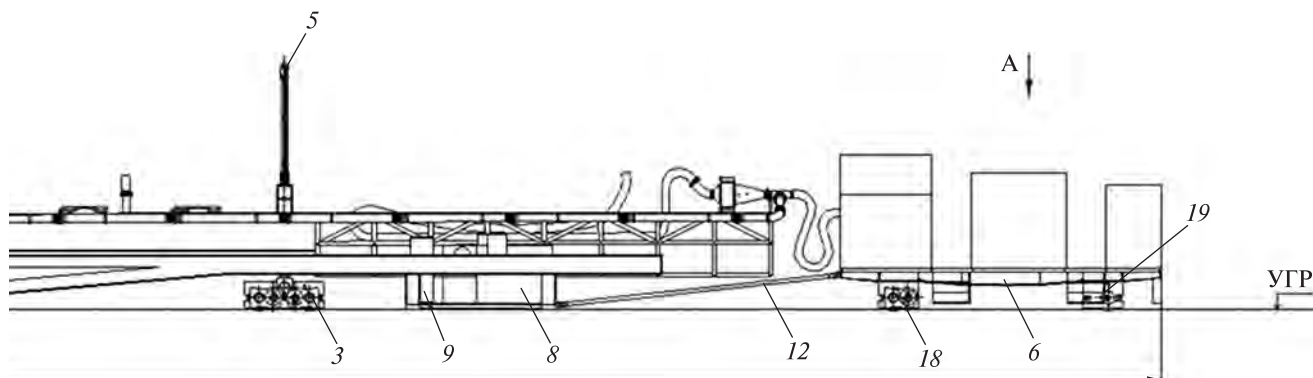
буется отдельный движитель. В совокупности эти особенности значительно увеличивают массу ТУА и, как следствие, приводят к достаточно высокой стоимости агрегата.

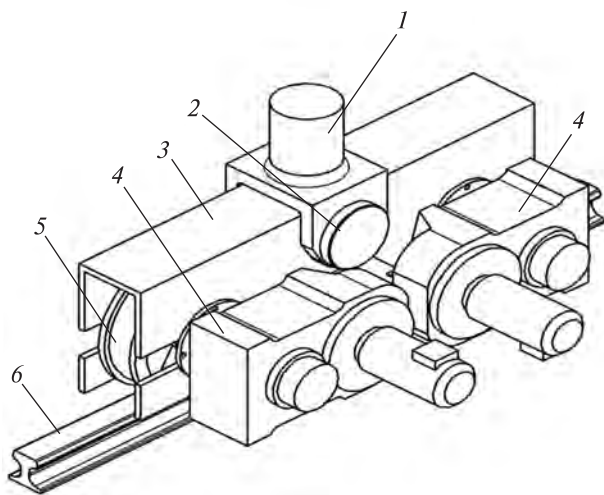
В мировой практике для транспортировки РКН к ПС и ее установки на ПС также используются грунтовые агрегаты на колесном или гусеничном ходу (рис. 2). Для реализации поставленных задач приходится использовать специализированные колеса с повышенной грузоподъемностью или специальные гусеничные тележки с индивидуальным приводом очень высокой стоимости.

По результатам анализа конструкций существующих ТУА была принята следующая концепция: использовать рельсовый путь с увеличенной шириной колеи и колесами высокой грузоподъемности (80 т) с индивидуальным приводом.

По результатам проектирования ТУА имеет следующие основные параметры и характеристики (рис. 3):

**Рис. 4.** Общий вид транспортно-установочного агрегата: 1 — рама, 2 — стрела, 3 — поворотные тележки с активными модулями передвижения из состава ходовой части, 4 — регулируемые ложементы из состава стрелы, 5 — регулируемый ложемент с захватами из состава стрелы, 6 — платформа самоходная из состава ходовой части, 7 — штанга телескопическая из состава стрелы, 8 — насосные станции из состава гидрооборудования, 9 — блок управления из состава гидрооборудования, 10 — опора парковочная, 11 — гидроцилиндры из состава гидрооборудования; 12 — сцепное устройство из состава рамы, 13 — дизель-генераторы из состава электрооборудования и ТСТ, 14 — кабина оператора ТСТ, 15 — кабина оператора СУАМ из состава ходовой части, 16 — промышленный кондиционер из состава ТСТ, 17 — блок воздушных компрессоров из состава ТСТ, 18 — активные модули передвижения из состава платформы самоходной, 19 — пассивные модули передвижения из состава платформы самоходной





**Рис. 5.** Поворотная тележка с активными модулями передвижения ходовой части транспортно-установочного агрегата: 1 — вертикальная поворотная ось поворотной тележки, 2 — горизонтальная поворотная ось балансира поворотной тележки, 3 — силовая балка поворотной тележки, 4 — мотор-редуктор активного модуля передвижения, 5 — колесо активного модуля, 6 — крановый рельс

- длина поезда до 62 м с самоходной платформой, ширина 11,5 м, высота 7 м, высота от уровня головки рельса до оси РКН 5 м;
- масса поезда ТУА 426 т;
- крановый рельсовый путь с шириной колеи 6,8 м.

В состав транспортно-установочного агрегата входят (рис. 4): ходовая часть, рама, стрела, парковочная опора, гидрооборудование, пневмооборудование; механизм перемещения ТУА на стартовом сооружении для точного позиционирования, электрооборудование и кабельная сеть, элементы для монтажа коммуникаций и оборудования систем, размещаемых на ТУА, комплект запасных частей, инструментов и принадлежностей (ЗИП).

В конструкции ходовой части используются серийные крановые колеса большой грузоподъемности образующие вместе с мотор-редуктором активные модули передвижения, которые попарно объединены в поворотные тележки для обеспечения маневренности. Движение осуществляется по серийным крановым рельсам (рис. 5).

Управление активными модулями передвижения осуществляется с помощью системы управления активными модулями (СУАМ), что сводит к мини-

муму влияние человеческого фактора на точность и безопасность движения ТУА и исключает затраты на приобретение отдельного движителя. Так как СУАМ заимствована из предыдущего проекта, ее стоимость в данном случае невысока. Совокупность всех элементов ходовой части дала возможность полностью отказаться от дополнительного движителя и осуществлять автоматическое управление движением ТУА согласно заданной программе.

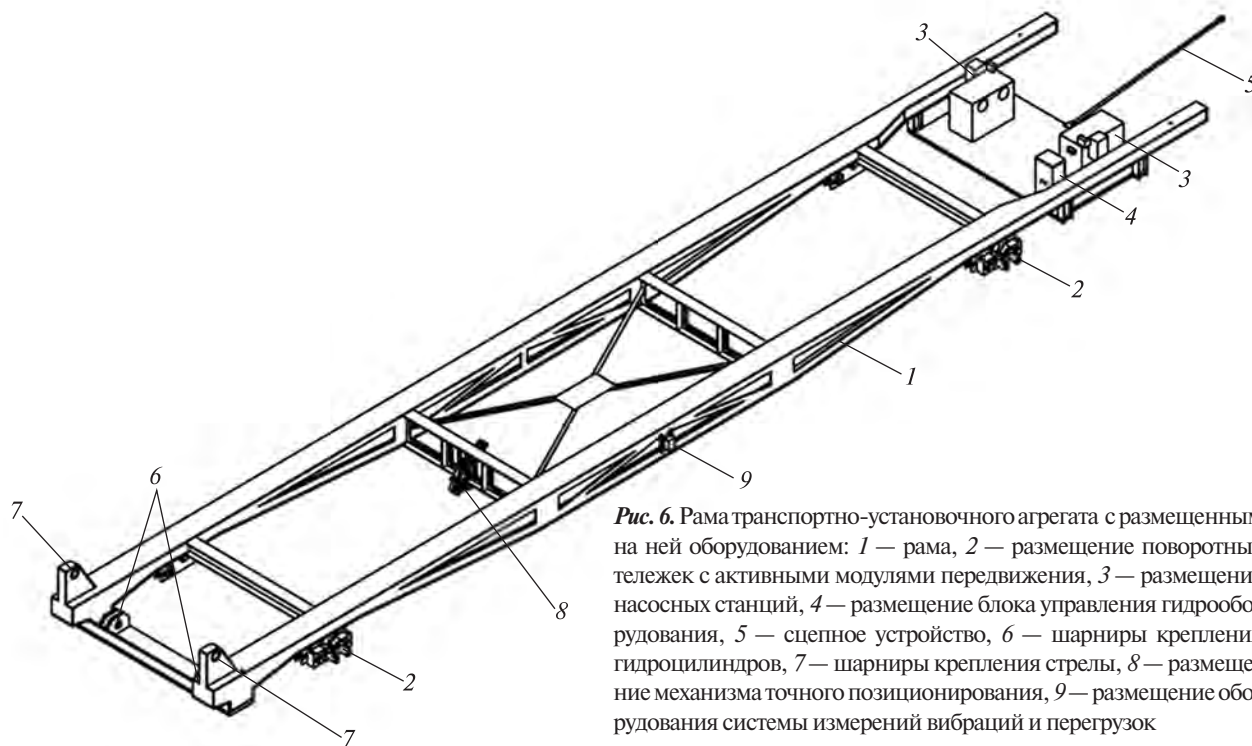
В состав ходовой части также входит платформа самоходная, которая с помощью сцепного устройства пристыкована к ТУА. Она служит для размещения как собственного оборудования (кабина оператора с оборудованием СУАМ, дизель-генератор (ДГ) из состава электрооборудования ТУА) так и оборудования транспортной системы термостатирования (ТСТ) (блок воздушных компрессоров и промышленных кондиционеров, кабину оператора и ДГ). Это позволило снизить затраты на приобретение либо разработку дополнительной железнодорожной платформы для размещения оборудования ТСТ.

Такой подход к проектированию ходовой части позволил обеспечить минимальную стоимость основных элементов ходовой части за счет отсутствия необходимости разработки на них конструкторской документации и последующей отработки.

Рама ТУА (рис. 6) — сборная конструкция, элементы которой представляют собой сварные металлические секции. Применена конструкционная сталь относительно невысокой стоимости. Имеет небольшую массу при достаточной прочности. На раме предусмотрены шарниры крепления стрелы и гидроцилиндров, сцепное устройство, а также размещены элементы гидрооборудования (две насосные станции и блок управления), механизм перемещения ТУА на стартовом сооружении для точного позиционирования и оборудование системы измерений вибраций и перегрузок. При уменьшении массы оборудования размещаемого на раме, но не входящего в ее состав, уменьшается и масса рамы.

У большинства известных ТУА для подъема стрелы применяются многоступенчатые гидроцилиндры двухстороннего действия, либо двойной комплект таких же цилиндров, но одностороннего действия, что довольно дорого.

В данной конструкции был оптимизирован гидропривод подъема стрелы — применены два срав-



**Рис. 6.** Рама транспортно-установочного агрегата с размещенным на ней оборудованием: 1 — рама, 2 — размещение поворотных тележек с активными модулями передвижения, 3 — размещение насосных станций, 4 — размещение блока управления гидрооборудования, 5 — сцепное устройство, 6 — шарниры крепления гидроцилиндров, 7 — шарниры крепления стрелы, 8 — размещение механизма точного позиционирования, 9 — размещение оборудования системы измерений вибраций и перегрузок

нительно недорогих одноступенчатых гидроцилиндра двухстороннего действия (рис. 7). Все элементы серийно выпускаются и не требуют индивидуальной разработки и обработки.

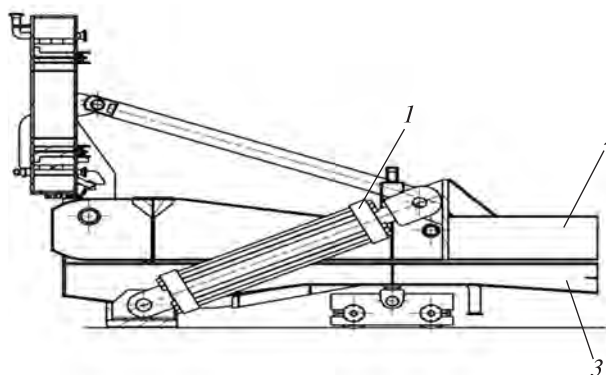
Для обеспечения электропитания ходовой части в состав электрооборудования был введен серийный дизель-генератор одновременно использующийся как резервный для ТСТ.

Оставшиеся элементы конструкции (стрела; парковочная опора; пневмооборудование; механизм перемещения ТУА на стартовом сооружении для точного позиционирования; осветительные приборы; элементы для монтажа коммуникаций и оборудования систем, размещаемых на ТУА) будут иметь аналогичную конструкцию и стоимость для разных вариантов ТУА.

Работоспособность ТУА обеспечивается проведением технического обслуживания, плановых и внеплановых ремонтов с использованием комплекта запасных частей, инструментов и принадлежностей (ЗИП). ЗИП включает базовые серийные элементы для скорейшей замены неисправных. Это уменьшает длительность ремонта и стоимость восстановления, повышая ремонтпригодность и надежность ТУА. Есть возможность обучить своего

специалиста для обслуживания покупного оборудования или привлечь изготовителя для его обслуживания. При таком подходе исключаются затраты на разработку и отработку собственной эксплуатационной документации.

В результате проектирования был получен конкурентоспособный ТУА, что подтверждает правильность выбранных показателей и подхода.



**Рис. 7.** Расположение гидроцилиндров на транспортно-установочном агрегате (стрела ТУА в горизонтальном положении): 1 — одноступенчатый гидроцилиндр двухстороннего действия, 2 — стрела ТУА, 3 — рама ТУА

## ВЫВОДЫ

Разработанная конструкция имеет невысокую стоимость за счет экономии на разработке и отработке отдельных элементов конструкции и систем, эксплуатационной документации. Была проведена предварительная работа с изготовителями и поставщиками покупных изделий с целью обеспечения требуемого гарантийного срока без существенного удорожания конструкции. ТУА является самоходным и универсальным для РКН легкого и тяжелого класса. Имеет небольшие габариты. Снижение массы ТУА относительно варианта, использующего железнодорожный путь, составляет 20—25 %. За счет использования активных модулей передвижения минимальный радиус скругления рельсового пути ТУА составляет примерно 500 м. Проработано размещение ТСТ на платформе самоходной. При воздействии ветровых нагрузок подтверждена стойкость ТУА к опрокидыванию. ТУА обладает достаточной прочностью, надежностью, безопасностью и стойкостью к воздействию внешних возмущающих факторов.

Полученная конструкция ТУА является результатом предложенного подхода к проектированию. Принятые критерии конкурентоспособности заданы корректно. Данный подход может использоваться при разработке других агрегатов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Номер* заявки на изобретение «Транспортно-установочный агрегат стартового комплекса для транспортирования та утримання ракет космічного призначення» А 2017 00390, дата подачі заявки 16.01.2017 г.
2. *Оптимизация* конструкции транспортировочного, установочного оборудования и стартового сооружения РКК «Маяк»: Книга техн.отчет. MSA YZH ANL 087 02, 2016. — 237 с.
3. *Оптимизация* конструкции транспортировочного, установочного оборудования и стартового сооружения РКК «Маяк»: Альбом чертежей техн.отчет. MSA YZH DRW 003 02, 2016. — 44 с.
4. *Оптимизация* конструкции транспортировочного, установочного оборудования и стартового сооружения РКК «Маяк»: Презентация техн.отчет. MSA YZH SPT 049 02, 2016. — 37 с.

*Стаття надійшла до редакції 28.08.17*

## REFERENCES

1. *A number* of application for invention “Launch Complex Transporter/Erector for Integrated Launch Vehicles

Transportation and Hold-down” A 2017 00390, date of application: 16/01/2017.

2. *Structural Optimization* of Mayak SLS Transportation, Erecting Equipment and Launch Facility: Technical Report Book. MSA YZH ANL 087 02, 2016. — 237 p.
3. *Structural Optimization* of Mayak SLS Transportation, Erecting Equipment and Launch Facility: Album of Technical Report Drawings. MSA YZH DRW 003 02, 2016. — 44 p.
4. *Structural Optimization* of Mayak SLS Transportation, Erecting Equipment and Launch Facility: Technical Report Presentation. MSA YZH SPT 049 02, 2016. — 37 p.

*С. А. Чабаненко, А. С. Корольков, С. И. Ерофеев*

Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» ім. М. К. Янгеля», Дніпро, Україна

## ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ТРАНСПОРТНО-УСТАНОВЧОГО АГРЕГАТА З ТОЧКИ ЗОРУ КОНКУРЕНТОЗДАТНОСТІ

На ДП «КБ «Південне» ім. М. К. Янгеля» розроблено універсальний транспортно-установочний агрегат для транспортування, установлення та утримання ракет космічного призначення легкого й важкого класів, які складають і транспортують у горизонтальному положенні із монтажно-випробувального корпусу на різні пускові столи шляхом, що не має похилу, для підвищення уніфікації та зменшення кількості наземного устаткування за найменших фінансових витрат.

**Ключові слова:** транспортно-установочний агрегат, пусковий стіл, ракета космічного призначення, система керування активними модулями, транспортна система термостатування.

*S. A. Chabanenko, A. S. Korolkov, S. I. Yerofeiev*

Yangel Yuzhnoye State Design Office, Dnipro, Ukraine

## DESIGN FEATURES OF THE TRANSPORTER-ERECTOR UNIT FROM THE VIEWPOINT OF THE COMPETITIVENESS

We describe a universal transporter-erector unit, which was developed at the Yuzhnoye State Design Office. It is designed for transportation, installation, and holding of integrated launch vehicles of light and heavy classes, which are assembled and transported in a horizontal position from the assembly-and-test building to various launch pads along the route without downgrade. The unit was devised to improve the unification and to decrease the number of ground equipment at lowest cost.

**Keywords:** transporter-erector, launch pad, integrated launch vehicle, active modules control system, mobile thermostating system.