



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ПРОГРЕСС»

# Анализ вариантов сборки сверхтяжелых РКН

Д.А. Баранов



Работа выполнена ООО «ПАКС-ДИЗАЙН» по заданию РКЦ «ПРОГРЕСС»

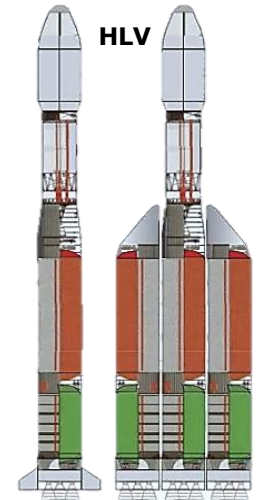
Руководитель работы – В.А. Гнездилов, Засл. конструктор РФ, к.т.н.,  
главный конструктор МБО для РН «Союз» в Гвианском космическом центре,  
зав. кафедрой прочности 603 МАИ в 2010-2018 гг., [Gnezdilov-va@mail.ru](mailto:Gnezdilov-va@mail.ru)

Разработчик – И.С. Курников, зам. главного конструктора [Kurnikov.Engineer@gmail.com](mailto:Kurnikov.Engineer@gmail.com)

2020-2021 г.

# Варианты сборки и обслуживания сверхтяжелых РКН с КГЧ более 100 т

2



РКН СТК	Масса груза НОО, т	Высота РКН, м	Стартовая масса, т	Способ сборки и транспортировки
РКН СТК (Россия)	103-140	80-122	3400	Вертикальный в МКСО или горизонтальный
CZ-9 (Китай)	133	101	4150	Вертикальный в МИКе, вывоз на платформе
SLS Block 2 (США)	130	117	2650	Вертикальный в МИКе, вывоз на платформе
HLV (Индия)	100	85	3000	Вертикальный в МИКе, вывоз на платформе

3



## Вариант №1: вертикальная сборка РКН на ТК

- Вертикальная сборка блоков РКН производится в МИКе
- Собранная РКН транспортируется на ТПП в вертикальном положении на УСК



## Вариант №2: горизонтальная сборка РКН на ТК

- Сборка РКН производится горизонтально в МИК
- Собранная РКН транспортируется на ТУТ (ТУА) на УСК, поднимается на ПУА (ТУА)



## Вариант №3: вертикальная сборка РКН в МКСО на УСК

- Сборка РКН, испытания, стыковка связей «Земля – Борт» производятся в МКСО на УСК
- Собранная РКН не транспортируется

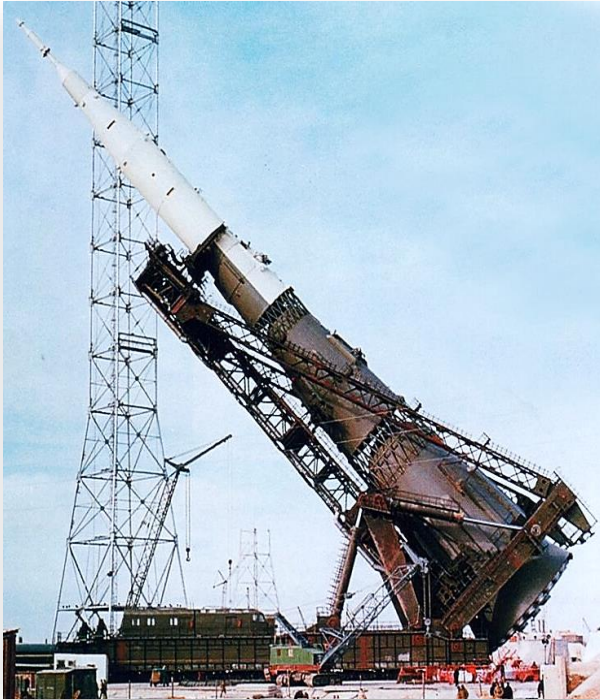
4

**Создание перспективной РКН СТК с КГЧ массой 130-200т является сложной задачей, требующей глубочайшего анализа проблем использовавшихся ранее и применяемых в настоящее время вариантов сборки, обслуживания РКН и инфраструктуры КРК:**

- **Способ сборки:** при горизонтальном способе сборки РКН длиной 80-130 м, диаметром 4100 мм и массе КГЧ свыше 140 т в МИКе требуется создание сложного и уникального наземно-технологического оборудования для обеспечения сборки, перекладки собранной РКН на ТУА (ТУТ);
- **Транспортировка вертикально собранной РКН:** требуется вертикальный МИК и сложная мобильная транспортно-пусковая платформа с усиленной КЗБ для удержания РКН при движении на платформе;
- **Горизонтальное транспортирование и установка РКН в вертикальное положение:** создание сложного и уникального ТУА (ТУТ), минимизация изгибных нагрузок при транспортировании и при подъёме РКН;
- **Обеспечение доступа в зоны обслуживания:** необходимо обеспечить доступ к СЧ РКН и проведение операций с учетом защиты персонала от атмосферных воздействий;
- **Строительство спецпути:** сложность, протяженность и, как следствие, высокая стоимость специальных путей для транспортировки РКН;
- **Стоимость создания КРК:** выбор лучшего по технико-экономическим показателям варианта сборки РКН СТК;
- **Обеспечение эвакуации экипажа:** обеспечение безопасности при эвакуации экипажа с высоты 80-120 м

## Опыт сборки и обслуживания РН «Н-1»

5



Подъем «Н-1» с помощью ТУА на СК

РН «Н1» создавалась с 1962 по 1969 гг. для вывода на НОО полезной нагрузки до 90 т по лунной программе. Имела тандемную схему компоновки, имела длину с ГЧ 105.3 м и доставлялась на СК **горизонтально** в собранном виде на ТУА.

На СК РН «Н-1» обслуживалась КЗБ в виде мобильного агрегата высотой 145 м.

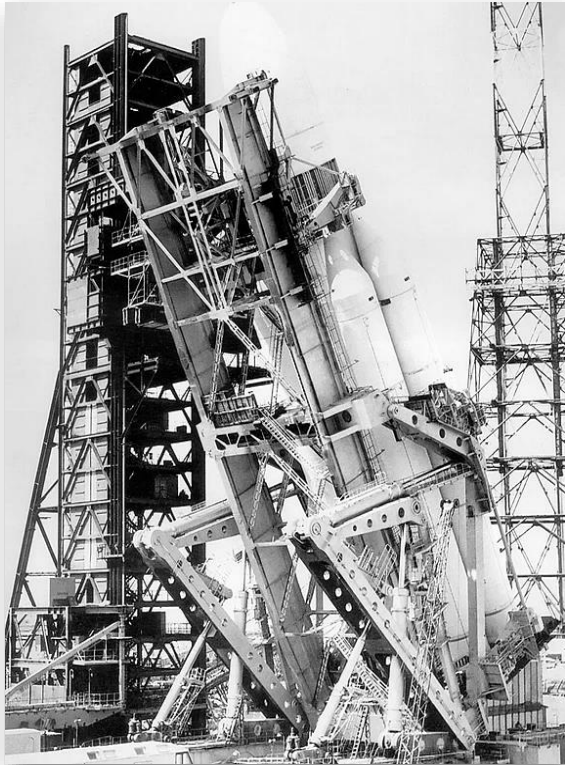
Агрегат по обслуживанию ракеты оснащен краном, с огромным количеством кабелей, трубопроводов и интерфейсных разъемов для подключения к ракете. Он имел 13 мостиков для соединения с ракетой и несколько лифтов внутри и мог отъезжать от ракеты по кольцевым рельсам, используя одну из своих опор как ось поворота.



«Н-1» с агрегатом обслуживания

## Опыт сборки и обслуживания РН «Энергия»

6

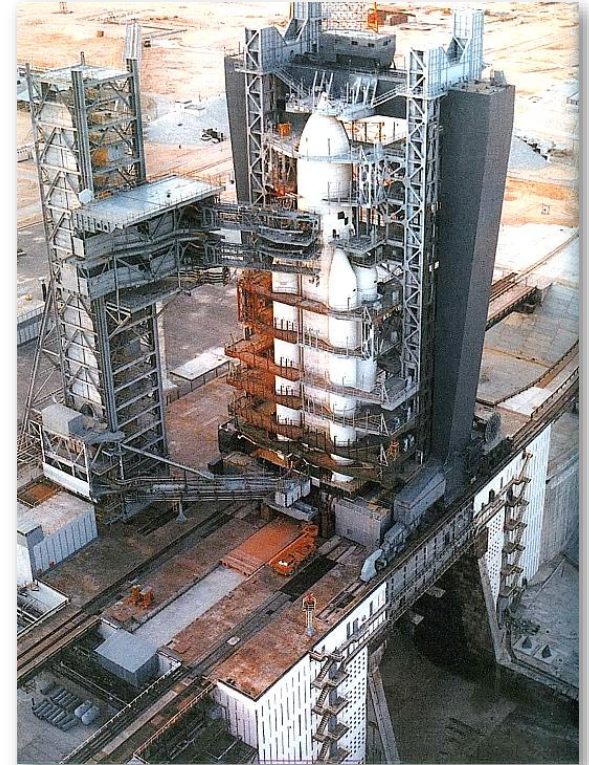


Установка РН «Энергия» на ТУА

Стартовый комплекс для «Энергия-Буран» создавался на базе СК РН «Н-1». Применялся горизонтальный способ сборки с установкой на ПУ с помощью ТУА.

Кроме КЗБ, для «Энергии» был создан отдельный агрегат: **мобильная башня с поворотными площадками для обслуживания РН и доступа к её интерфейсам.**

Для обеспечения связей «Земля-Борт» был создан стартово-стыковочный блок (ССБ).



РН «Энергия» в мобильной башне

## Опыт вертикальной сборки РН «Saturn-V»

7



Saturn-V внутри VAB

При создании РН «Saturn-V» был успешно использован вертикальный способ сборки.

С 1967 по 1973 годы было обеспечено 13 безаварийных пусков .

Успешно реализовав серию запусков собранных «Сатурн-5», США продолжают развивать эту технологию, в данный момент используя модернизированный VAB для вертикальной сборки новой РН «SLS» с КГЧ весом 130 т.



Вывоз Сатурн-5 из VAB на СК

## Сборка РКН Falcon Heavy и Delta IV Heavy (США)

8

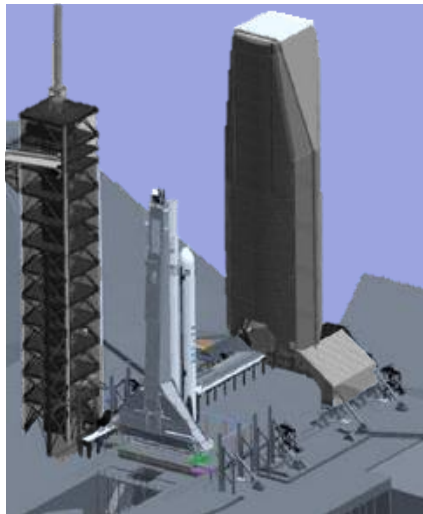
### Вертикальный вариант установки КГЧ

**SpaceX** рассматривалась возможность вертикальной сборки на LC-39A для поддержки коммерческих запусков, запусков НАСА и программы космических запусков ВВС США. Мобильная башня – MST обеспечивает доступ к РКН Delta Heavy и защищает ее от погодных условий и откатывается в сторону за несколько часов до старта.

Обе РН собираются горизонтально, однако КГЧ на них устанавливаются в вертикальном положении с применением мобильных башен обслуживания.



Мобильная башня 86 м для установки тяжелой ГЧ на Falcon Heavy



Мобильная башня MST для установки КГЧ на Delta IV Heavy





## Стартовый комплекс РКН «Ariane-6» с МБО в ГКЦ (Франция)

- 9 Преимущества использования стартового комплекса с применением вертикального способа сборки РКН в МБО заключаются в **упрощении инфраструктуры космодрома и снижении стоимости КРК, сокращении времени подготовки, существенному снижению затрат на эксплуатацию и подготовку к пуску, снижению стоимости вывода полезной нагрузки на орбиту (из материалов CNES).**

Mi juillet 2015 : décision intégration à l'horizontale

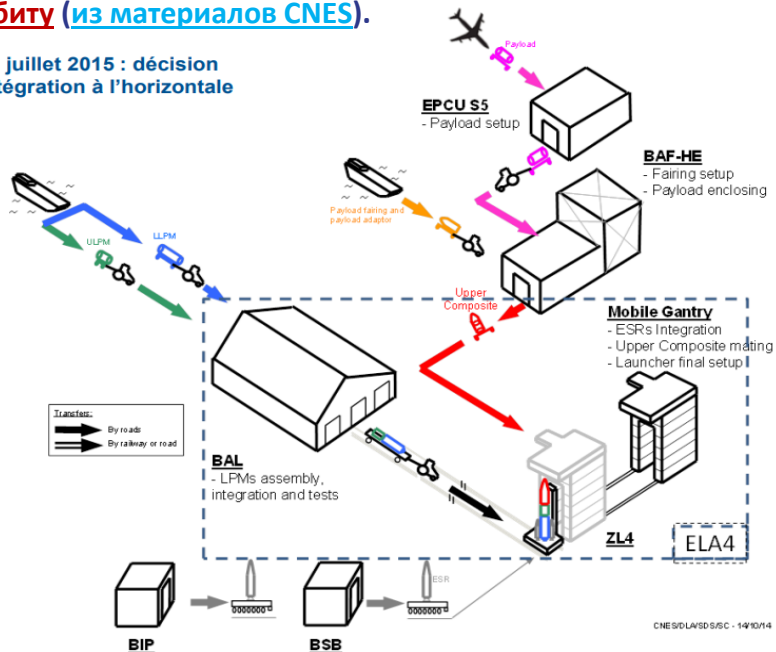


Схема инфраструктуры для сборки РК (из материалов CNES)  
Показаны: МИК ЦБ, МИК ББ, МИК КГЧ, МБО



Стартовый комплекс с РКН «Ariane-6»

## Вертикальная сборка РН «Ariane-6» в МБО в ГКЦ (Франция)

10

В настоящее время Европейское космическое агентство развивает вертикальный вариант установки КГЧ для РН «Ariane-6».

Металлическая конструкция МБО имеет высоту 90 метров и в оснащённом состоянии имеет массу 8200 тонн при скорости перемещения 7.6 метров в минуту.

Технология работ на комплексе подготовки РН «Ariane-6» предусматривает сборку и испытания блоков II и III ступеней РН в горизонтальном положении на технической позиции, затем состыкованные блоки доставляют на стартовую позицию и устанавливают вертикально, там же в МБО производится сборка РН (подстыковка твердотопливных ускорителей первой ступени к центральному блоку) и сборка РКН (вертикальная установка КГЧ).

Подобную технологию применяют и успешно развивают все космические державы: США (Atlas V, Delta IV Heavy, SLS), Китай (CZ-5, CZ-7, CZ-9), Индия (PSLV, GSLV, HLV), Япония (H-II, H-III).

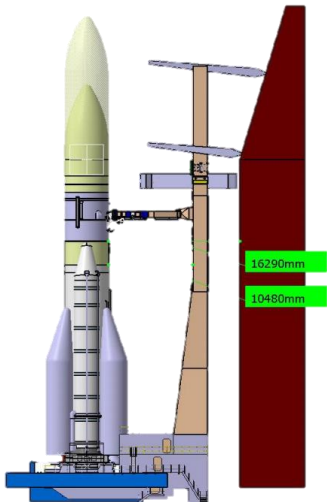


Последовательность сборки РН «Ariane-6»

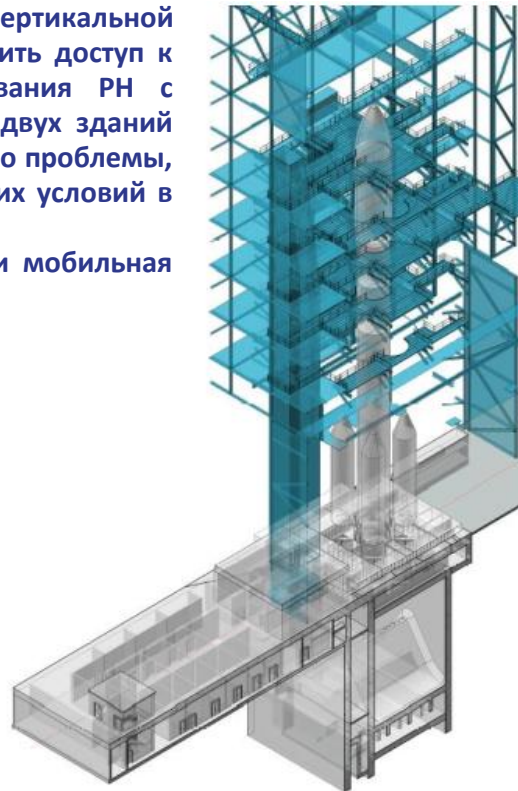
## Вертикальная сборка РН «Ariane-6» в МБО в ГКЦ

**11** Применение мобильной башни для вертикальной сборки РН Ariane-6 позволило обеспечить доступ к интерфейсам РН и зонам обслуживания РН с площадок МБО, а также отказаться от двух зданий вертикальной сборки (РН и РКН) и решило проблемы, связанные с обеспечением климатических условий в этих зданиях.

Кроме того, не требуются спецпути и мобильная платформа.



РКН на пусковой платформе



Площадки МБО с РКН на ПС



Технологическая сборка блоков Ariane-6 в МБО

## МБО на комплексе запуска «Союз» в ГКЦ (Франция)

12

С 2011 года имеется **успешный опыт эксплуатации МБО на комплексе запуска «Союз» в ГКЦ.**

Предложение по использованию МКСО при сборке РКН СТК основывается на успешном опыте применения лёгких стальных конструкций в МБО в ГКЦ, которая была **сертифицирована TUV SUD на соответствие европейским стандартам без замечаний.** МБО позволяет устанавливать на корпус РН «Союз» КГЧ **весом до 20 т** в вертикальном положении.

С 2011 по 2020 гг. проведено 24 пуска. Рекламаций к МБО за 24 пуска не получено.



Первый пуск РН «Союз» из ГКЦ



Установка КГЧ на РН «Союз»

## МБО комплексе запуска «Союз» в ГКЦ (Франция)

**13** Пространственные конструкции, созданные из стальных горячекатанных труб, обладают наилучшими показателями технико-экономической эффективности. Балочно-стержневая конструкция МБО создана из труб различных сечений, соединённых между собой разъёмными стыками. Угловые колонны соединены фланцами. При сборке на СК сварка и отрезное оборудование не использовалось. Монтаж производился из модулей.

Конструкция массой 870 т и высотой 58 м была смонтирована под руководством компании «МИР» за 4 месяца. Монтаж оборудования произведён за 6 месяцев.



МБО смонтирована из модулей весом до 11 т



Сборка типовых узлов МБО



Пространственная конструкция МБО

## МБО на космодроме «Восточный»

**14** МБО на космодроме "Восточный" представляет собой подвижное закрытое самоходное сооружение, перемещающееся по стартовому сооружению с помощью механизма перемещения, представляющем собой четыре самоходных балансирных ходов по двум параллельным рельсовым путям, состоящих из двух рельсов каждый.

МБО оборудована воротами, подвижными и неподвижными площадками обслуживания, лифтом, тельфером г/п 5т, а также системой аварийной эвакуации.

Габариты МБО составляют: длина – 31.525 м, ширина – 37.41 м, высота – 51.863 м, масса – 1590 тонн.



Монтаж ферменной конструкции МБО



Вид МБО со стороны задних ворот

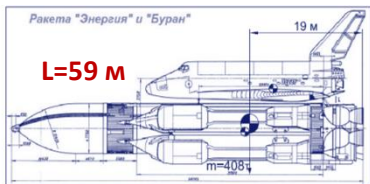


Вид МБО со стороны передних ворот

# Подъем РН «Энергия», Н-1 и РКН СТК на ТУА

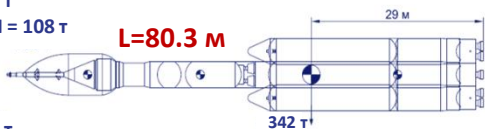
15

Момент от силы тяжести относительно среза при подъеме РКН СТК превышает аналогичный для «Энергия-Буран»  $\approx$  в 2 раза, что существенно затрудняет реализацию подъема РКН.

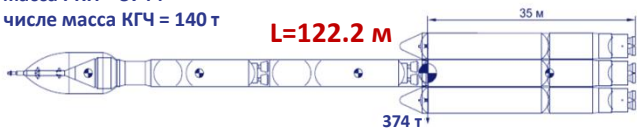


сухая масса Энергии = 340 т  
сухая масса Бурана = 68 т

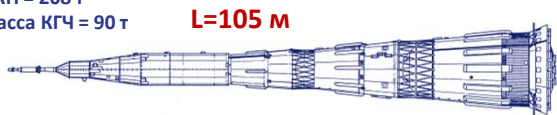
сухая масса РКН = 342 т  
в том числе масса КГЧ = 108 т



сухая масса РКН = 374 т  
в том числе масса КГЧ = 140 т



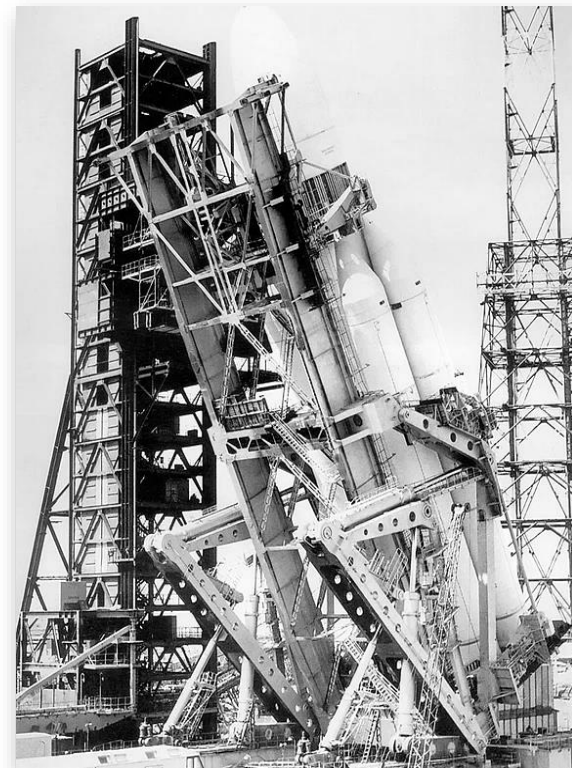
сухая масса РКН = 208 т  
в том числе масса КГЧ = 90 т



Подъем «Н-1» с помощью ТУА на СК



Вывоз «Энергия-Буран» на ТУА



Установка РН «Энергия»

## Вертикальная сборка РКН СТК в МИКе (вариант №1)

16

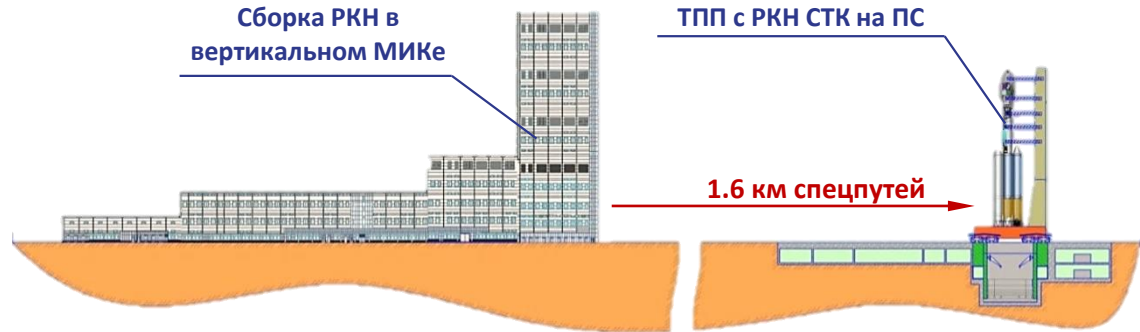
Этапы: сборка РКН с КГЧ в МИКе → транспортировка на ТПП 1,6 км → установка ТПП на ПС → подключение РКН и ТПП к коммуникациям

### Достоинства варианта:

- сборка связей «Земля-Борт» на ТК;
- простота сборки, КМТО;
- отсутствие деформаций сечения стыкуемых СЧ, свойственных горизонтальной сборке;
- возможность применения универсальной ТПП для различных модификаций РКН;
- максимально комфортные условия для персонала при работах на ТК;
- минимальное время подготовки РКН на УСК.

### Недостатки варианта :

- требуется создание высотного МИКа;
- требуется создание дорогостоящего спецпути;
- создание сложной массивной мобильной ТПП;
- сложность реализации доступа к СЧ РН на УСК (усложнение КЗБ)



Проведение сборки РКН производится в вертикальном положении на транспортно-пусковой платформе (ТПП), включающей в свой состав кабель-заправочную башню (КЗБ), стыковочное оборудование магистралей заправки, электро-пневмокоммуникаций и трубопроводов термостатирования, на территории вновь создаваемого ТК РН и РКН. Стыковка и проверка связей «Земля-борт» РН и РКН с технологическими интерфейсами ТПП и КЗБ осуществляется на ТК РКН.

Транспортирование РКН на УСК осуществляется на ТПП **по спецпути протяженностью 1.6 км**. Габаритные размеры ТПП: 44,3 × 30,4 × 104 м, скорость транспортирования до 2 км/ч.

Предполагаемое время подготовки РКН: **сборка – 15 дней, транспортировка и установка – 1 день, испытание РКН – 3-5 дней. Всего: 20 дней**



## Вертикальная сборка РКН СТК в МИКе (вариант №1)

17

ТПП должна обеспечивать:

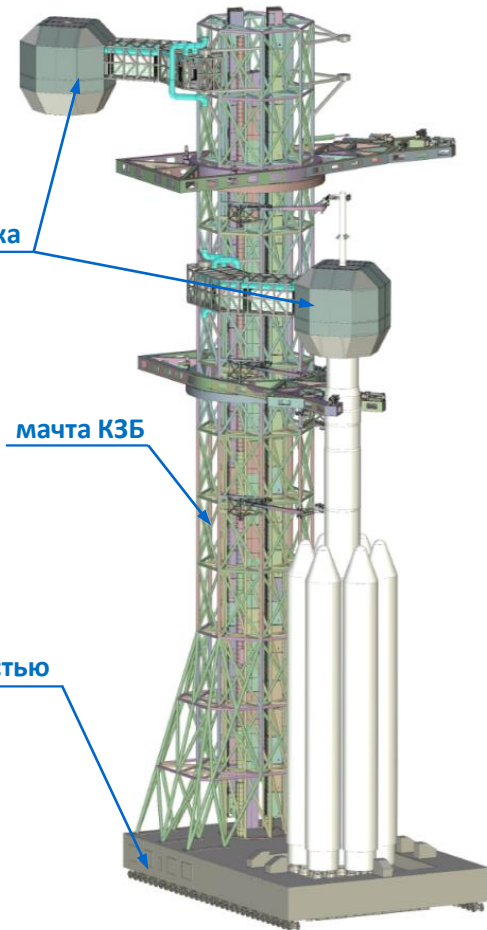
- сборку и транспортирование РКН на УСК;
- удержание РКН при транспортировании и стоянке;
- стыковку коммуникаций УСК;
- доступ к РТБ и ПТК на УСК с площадок обслуживания кабель-заправочной башни;
- проведение заправки баков РН КРТ и обеспечения сжатыми газами РКН на УСК;
- подготовку и пуск РКН СТК;
- восприятие нагрузок от заправленной РКН, а также нагрузок при запуске РКН.

В варианте вертикальной сборки в МИКе с использованием ТПП ограничены возможности по обеспечению доступа в случае возникновения нештатной ситуации, а при перекладке этих функций на КЗБ ее конструкция усложняется и, как следствие, возрастет масса КЗБ.

агрегат посадки экипажа

мачта КЗБ

платформа с ходовой частью



РКН СТК на ТПП

## Горизонтальная сборка РКН СТК (вариант №2)

### Схема установки РКН на УСК с помощью ПУА

**18** Этапы: сборка РКН с КГЧ в МИКе → транспортировка на ТУТ 7.1 км → установка и подъем РКН на ПУА → подключение РКН к коммуникациям

#### Достоинства варианта:

- **максимально комфортные условия для персонала при работах на ТК в МИКе;**
- **меньший вес тележки (ТУТ) по сравнению с транспортно-установочным агрегатом.**

#### Недостатки варианта:

- сложность процесса сборки, перекладки собранной РКН с монтажно-стыковочных тележек на ТУТ;
- необходимость применения сложного массивного ССБ или обеспечение стыковки большого количества связей «Земля-Борт» на УСК;
- сложность гидравлического оборудования ПУА;
- большой объем строительных работ для размещения ПУА;
- сложность реализации доступа к СЧ РН на УСК (усложнение КЗБ);
- сложность создания ТУТ и ПУА для обеспечения необходимых жесткостных характеристик, обеспечения необходимых усилий подъема, связанных с большими габаритами РКН



Транспортирование РКН на УСК осуществляется на специальной транспортно-установочной тележке (ТУТ) общей **массой свыше 600 тонн по спецпути протяженностью 7.1 км** (путь двухколейный, колея 1.52 м, расстояние между осями двухколейного пути 12 м). Для установки РКН на пусковой стол используются гидравлические механизмы подъемно-установочного агрегата (ПУА) общей массой 640 тонн, расположенного в заглубленном сооружении УСК.

Стыковка связей «Земля-борт» РН и РКН с технологическим оборудованием УСК производится при помощи автостыков кабель-мачты и механизмов автоматической стыковки стартового сооружения.

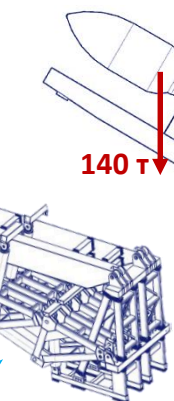
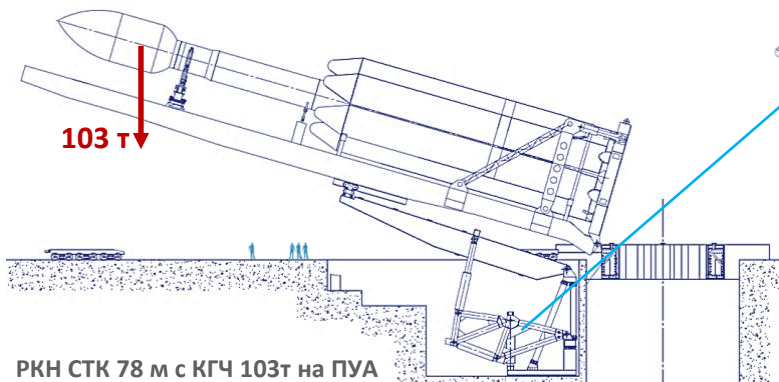
**Предполагаемое время подготовки РКН: сборка – 18 дней, транспортировка и установка – 1 день, испытание РКН – 3-5 дней. Всего: 23 дня**

## Горизонтальная сборка РКН СТК (вариант №2)

### Схема подъема РКН на стартовом столе с помощью ПУА

**19** «По результатам проведенных проработок (ЦЭНКИ), оптимальной стартовой схемой определена схема со сборкой и последующим транспортированием РКН на ТУТ с ССБ и последующей вертикализацией РКН с помощью ПУА **в сравнении с использованием ТУА**, в связи с меньшими габаритами, весом и стоимостью создания ПУА, а также сопутствующей инфраструктуры (специальный путь, инфраструктура технического комплекса)»

Габаритные размеры, мм	32546 x 9260 x 16200
Масса, т	640
Нагрузка на опору балансирующую стрелы в начале подъема, тс	713
Угол поворота стрелы	90°+1°
Тип привода	гидравлический
Количество гидроцилиндров в механизме подъема	12 (3 группы по 4 гидроцилиндра)
Максимальная нагрузка, действующая на один гидроцилиндром механизма подъема, тс	1054



**Размеры и габариты модификации РКН СТК будут уточняться и изменяться в процессе разработки РКН, неопределенность размеров может удлинить сроки создания ТУТ, ПУА и сборочных ступеней и стартового комплекса в целом.**

## Горизонтальная сборка РКН СТК (вариант №2)

### Сборка в МИКе, транспортировка и подъем РКН СТК на ТУА

20 Этапы: сборка РКН с КГЧ в МИКе → транспортировка на ТУА 7.1 км → установка и подъем РКН на ТУА → подключение РКН к коммуникациям

Достоинства варианта (по отношению к варианту с ПУА):

- опробованная реализованная для РН «Н-1» и «Энергия» схема,

Недостатки варианта (по отношению к варианту с ПУА):

- сложность конструкции ТУА;
- большая масса ТУА, усложнение спецпути.



Транспортирование РКН на УСК осуществляется с на специальном транспортно-установочном агрегате (ТУА) общей **массой свыше 3000 тонн по спецпути протяженностью 7.1 км** (путь двухколейный, колея 1.52 м, расстояние между осями двухколейного пути 12 м). Для установки РКН на пусковой стол используются гидравлические механизмы транспортно-установочного агрегата (ТУА).

Стыковка связей «Земля-борт» РН и РКН с технологическим оборудованием УСК производится при помощи автостыков кабель-мачты и механизмов автоматической стыковки стартового сооружения.

Предполагаемое время подготовки РКН: **сборка – 18 дней, транспортировка и установка – 1 день, испытание РКН – 3-5 дней. Всего: 23 дня**

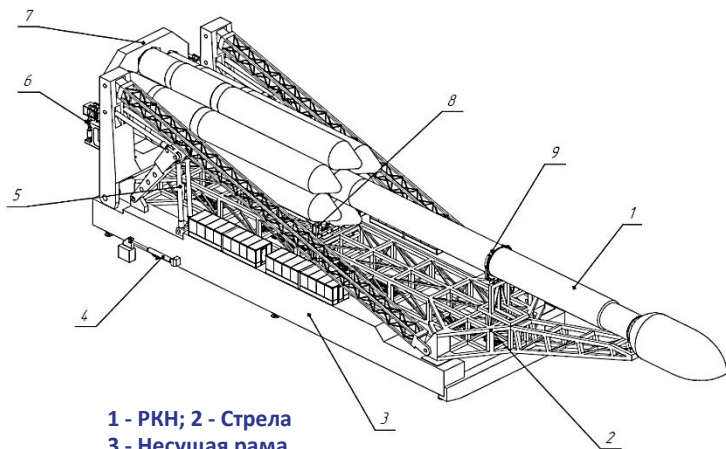
## Горизонтальная сборка РКН СТК (вариант №2)

### Общий вид ТУА и схема подъема РКН с КГЧ на ТУА

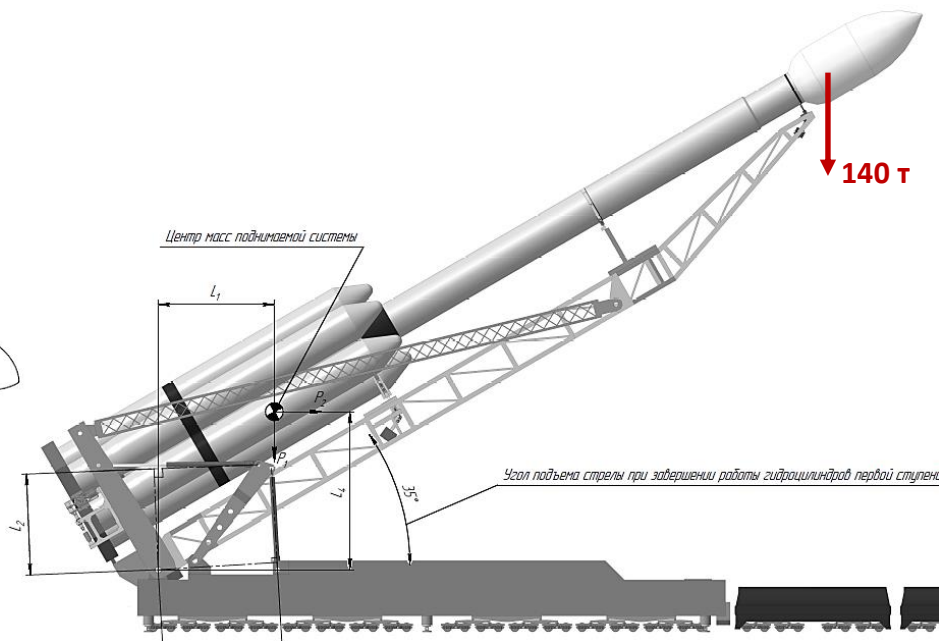
21

**Основным преимуществом** варианта является зарекомендованная, реализованная ранее схема, для которой существуют агрегаты – аналоги.

**Недостатком варианта** является значительный вес агрегата, что влечет за собой увеличение потребной для его перемещения мощности, а также увеличивает нагрузки на СК. Данная СЧ требует значительных затрат как на этапе изготовления (поставки), так и на этапе разработки РКД.



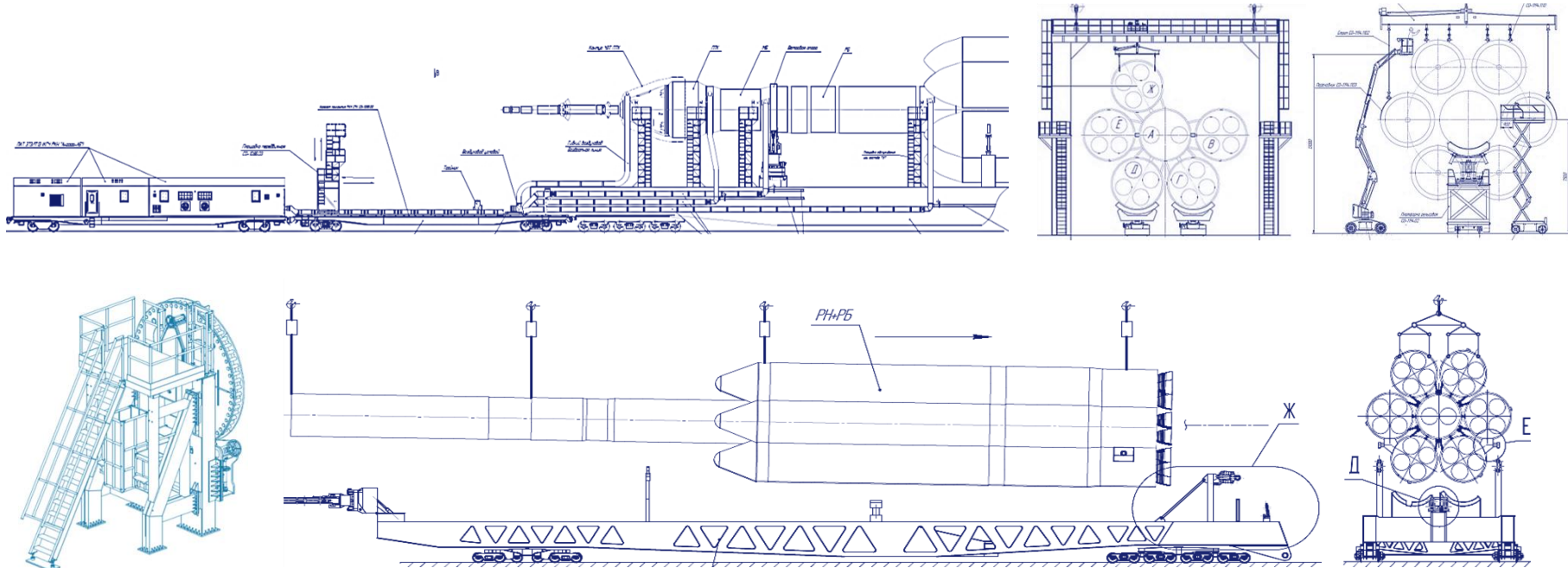
- 1 - РКН; 2 - Стрела
- 3 - Несущая рама
- 4 - Гидроцилиндр доводки ТУА
- 5 - Гидроцилиндр подъема стрелы
- 6 - Механизм подвески
- 7 - Стартово-стыковочный блок ССБ
- 9 - Опора удержания РКН



## Горизонтальная сборка РКН СТК (вариант №2)

22

Горизонтальная сборка РКН СТК рассматриваемой компоновки в МИКе является сложной технологической операцией. Такая сборочная операция значительно превышает по сложности и трудоемкости вертикальную сборку РКН в МКСО и требует изготовления сложного крупногабаритного оборудования.



Кантователь I ступени

Установка I, II и III ступени на ТУТ

## Горизонтальная сборка РКН СТК (вариант №2)

### Транспортировка на ПС и подъем грузового макета на ТУТ РКН СТК

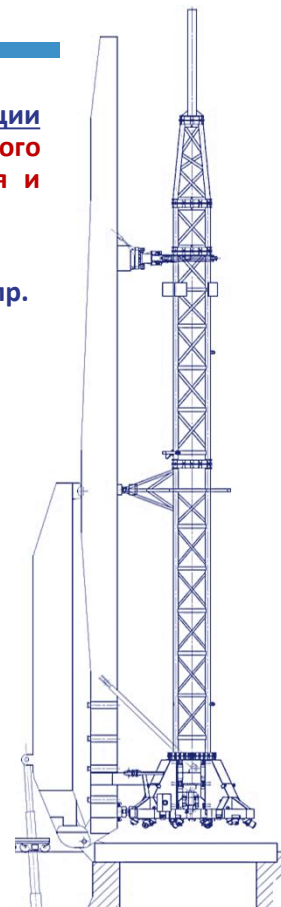
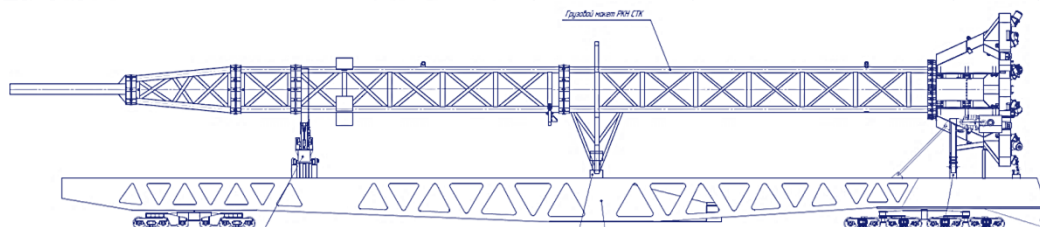
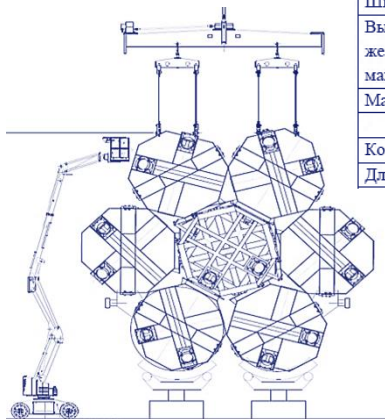
23

Горизонтальный способ сборки РКН в МИКе предполагает проведение дополнительной технологической операции по проверке гидравлического оборудования ПУА/ТУА перед каждым пуском РКН, а также **требует создания грузового макета РКН массой более 300 тонн для периодической проверки ПУА/ТУА и специального агрегата хранения и транспортирования для него.** Одной из проблем является идентификация размеров макета и корпуса РКН СТК.

Грузовой макет СО-1217 входит в состав технологического оборудования ТК РКН СТК 371ТР46 и предназначен для обеспечения отработки основных технологических операций, проводимых при сборке и подготовке РКН СТК на ТУТ и пр.

Наименование параметра	Значение
Макет РКН СТК	
Длина макета, мм	80652
Ширина макета максимальная, мм	12890
Высота от уровня верха головок железнодорожных рельсов до верхней точки макета, мм	14505
Масса макета, кг	Масса РКН <sup>+5%</sup>
Агрегат хранения и транспортирования	
Количество ж.-д. платформ 13-9751-01	8
Длина сцепа платформ, мм	103006

Обозначение	Наименование	Кол., шт.
СО-1217.01	Макет РКН СТК	1
СО-1217.02	Агрегат хранения и транспортирования	1
СО-1217.03	Комплект грузов	1 комплект
СО-1217.04	Вспомогательный комплект	1 комплект
СО-1217.67	Комплект ЗИП	1 комплект



Спецстапель для сборки макета РКН

Грузовой РКН макет на технологической платформе / вертикально на ПУА

# Сооружения на УСК для горизонтальной сборки РКН СТК (вариант №2)

24

## Сооружения УСК



№	Наименование сооружений
1	МИК РН, РКН «Ангара-А5» и СТК
2	Склад блоков РН «Ангара-А5» и СТК
3	МИК РН, РКН «Союз-2»
4	Склад блоков РН «Союз-2»
5	МИК КА, РБ (БВ), КГЧ РКН «Союз-2»
6	МИК КА, РБ, КГЧ тяжелого класса и СТК
7	МИК ПТК
8	ЗНС
9	ЗНС-2

Данный вариант предусматривает проведение сборки РКН во вновь создаваемом МИК РН СТК и РКН СТК.

Строительное сооружение, используемое для проведения работ с РН СТК и РКН СТК, – общее с МИК РН «Ангара-5В» и складом блоков (поз.1 и поз.2). Проведение необходимых пневмо- и электроиспытаний блоков РН СТК предусматривается в помещении склада блоков РН СТК. Сборка РКН СТК производится на рабочем месте в МИК РКН СТК.



Технический облик УСК для горизонтальной сборки РКН СТК с КЗБ и АПЭК



## Вертикальная сборка РКН СТК в МКСО (вариант №3)

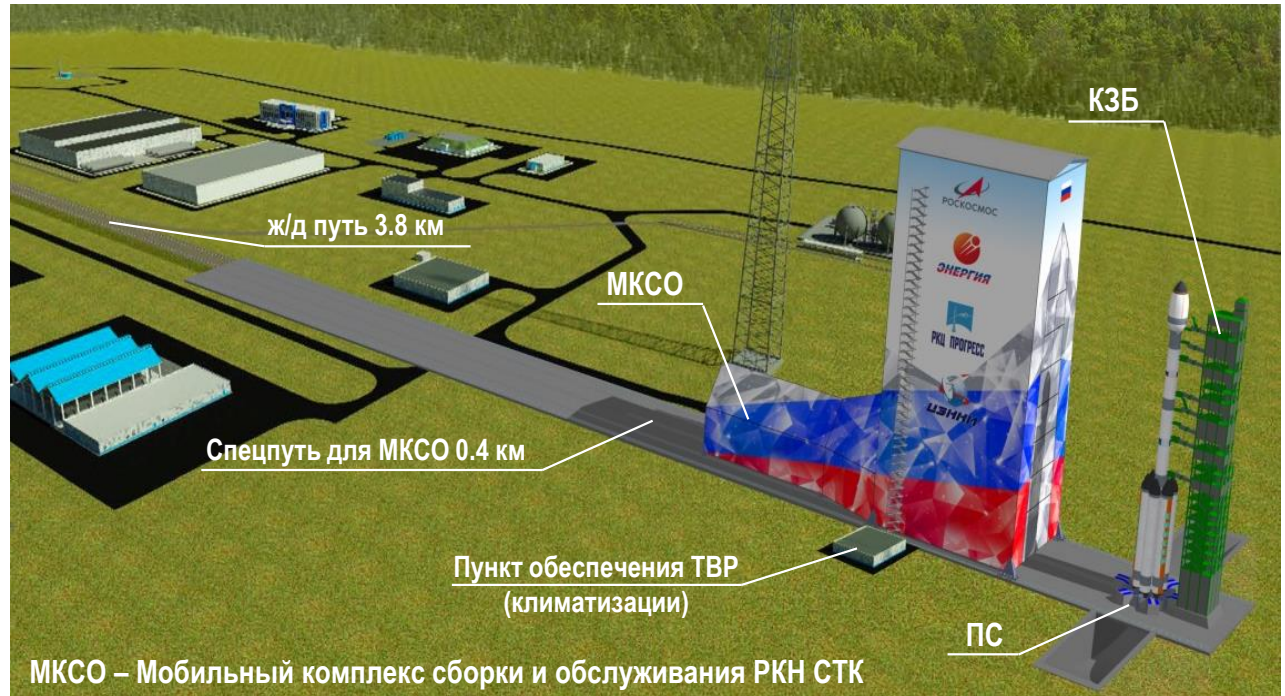
25

Вариант вертикальной сборки РКН СТК в МКСО упрощает инфраструктуру КРК за счёт уменьшения количества основных агрегатов ТК и УСК.

### Основные агрегаты для сборки РКН СТК в МКСО:

- Мобильный комплекс сборки и обслуживания (МКСО) с мостовым краном г/п 200 тн
- Пункт климатизации МКСО

Мобильная башня сборки и обслуживания представляет собой сложное инженерное сооружение, весом **5000 тн – 7000 тн**, на внутренних площадках которого размещается необходимое для сборки РКН, испытаний и подготовки к пуску технологическое и специальное технологическое оборудование.



## Вертикальная сборка РКН СТК (вариант №3)

### МКСО для вертикальной сборки РКН СТК

26

**МКСО – мобильный комплекс сборки и обслуживания** представляет собой перемещаемое утеплённое климатизированное самоходное сооружение габаритами (ВхДхШ): 145х156х48 м, имеющее мостовые краны г/п от 50 до 200 т, лифты и лестницы, проходы и поворотные площадки.

МКСО перемещается на расстояние 200 м с помощью 32х трансмиссий по четырем параллельным рельсовым путям со скоростью до 3 м/с.

#### МКСО позволяет:

- обеспечить сборку и подготовку требуемых модификаций РКН СТК (высота РКН до 125м), штатную посадку и эвакуацию экипажа;
- сохранить на ПС собранную РКН при демонтаже КГЧ для ремонта;
- устанавливать КГЧ массой до 200 т;
- исключить дополнительные нагрузки при транспортировке и вертикализации РКН;
- упростить процесс сборки РН и РКН, совместить испытания РН и РКН с подготовкой к пуску на УСК;
- защитить РКН и персонал от атмосферных воздействий при работах на УСК, обеспечить доступ в требуемые зоны обслуживания как при сборке, так и в процессе подготовки к пуску;
- упростить КЗБ за счёт переноса части функций в МКСО.



Вид МКСО для РКН СТК в разрезе

# Технология вертикальной сборки РКН СТК (вариант №3)

## Технологические зоны МКСО

27

### Технологические зоны МКСО:

- 1 зона разгрузки блоков РКН с ж/д платформ и очистки блоков;
- 2 зона входного контроля блоков и их подготовки к сборке;
- 3 зона сборки и предстартовой подготовки РН/РКН СТК;
- 4 зона ожидания и посадки космонавтов в ПТК.

### Технологический процесс сборки РКН:

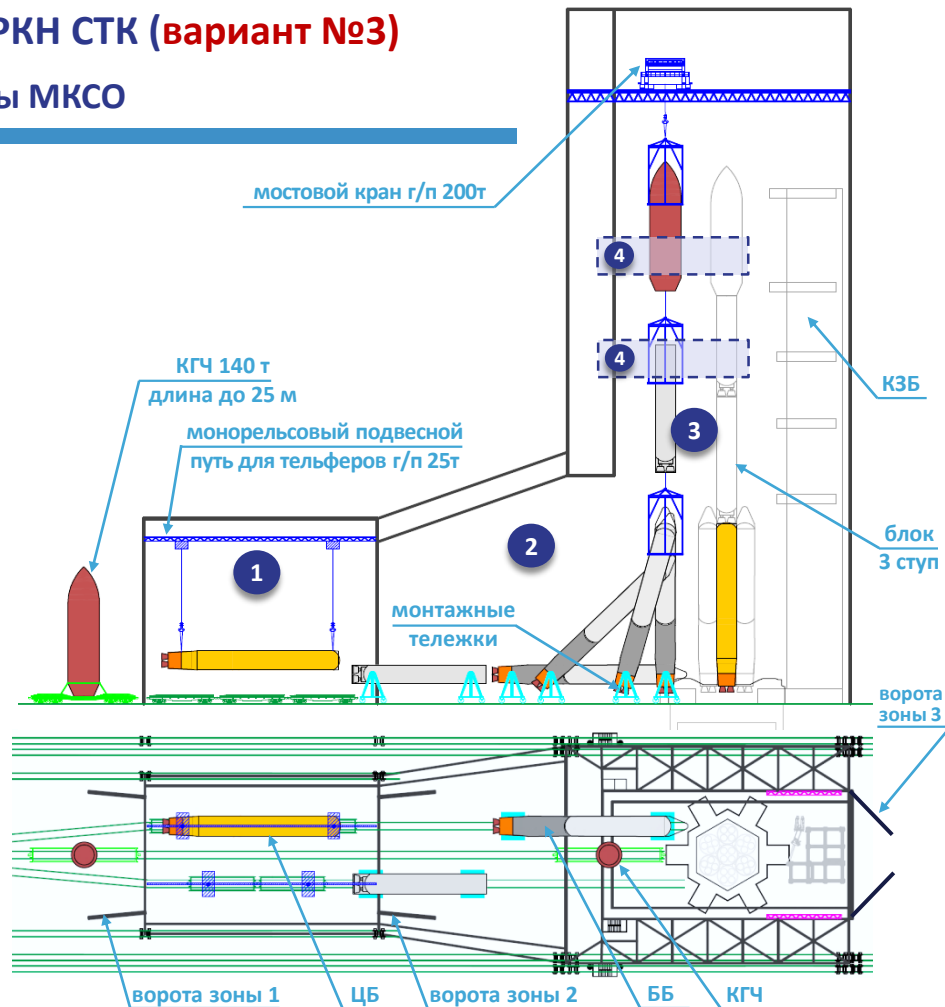
В **зоне 1** блоков РН СТК проводятся работы разгрузке блоков с ж/д платформ, перекладки блоков РН СТК на монтажные тележки, очистка, перемещение в **зону 2**.

В **зоне 2** производится входной контроль блоков, временное хранение блоков, подготовка к сборке, перенос блоков в **зону 3** сборки РН СТК.

В **зоне 3** проводятся работы по механической и электрической стыковке «пакета» РН СТК, проведение электрических испытаний собранных в «пакет» блоков РН СТК, стыковка к РН СТК разгонного блока РН СТК, межорбитального буксира, КГЧ, проведение автономных проверок собранной РКН СТК, проведение комплексных испытаний РКН СТК.

В **зоне 4** находятся помещения для подготовки скафандров, ожидания посадки в ПТК, переходы в ПТК.

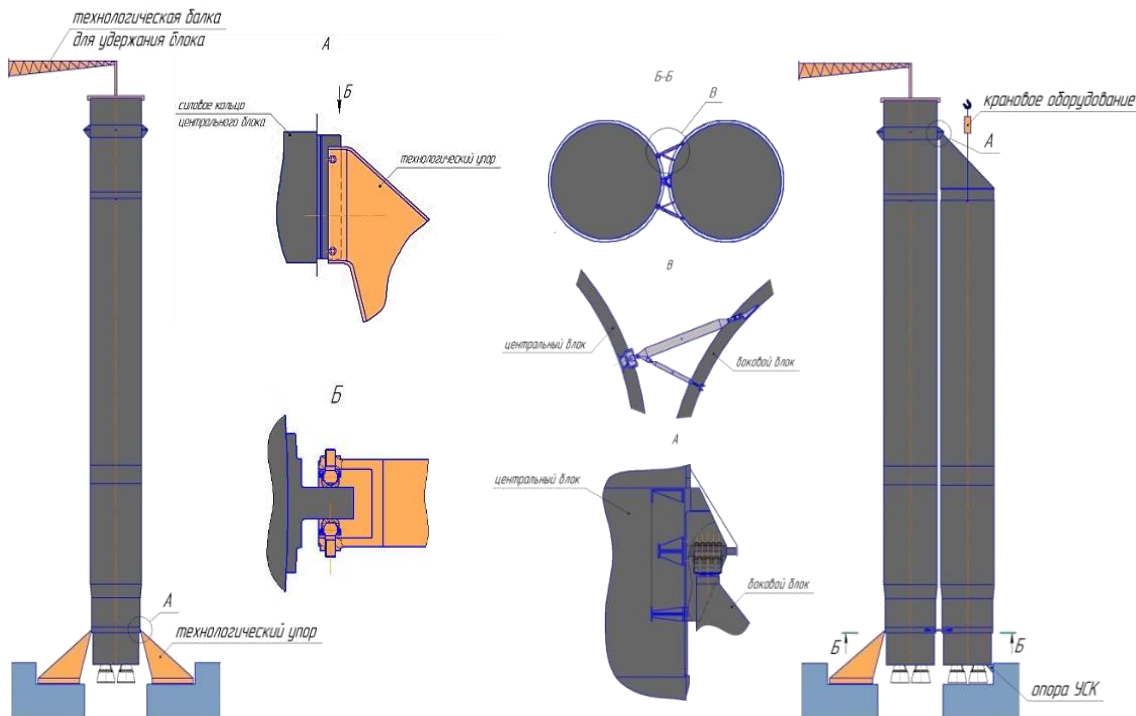
Предполагаемое время сборки РКН в МКСО – 15 дней,  
испытание РКН – 3-5 дней. Всего: 19 дней



Устанавливаются технологические упоры для поддержания центрального блока (ЦБ) и поочередно монтируются или демонтируются для установки на стартовый стол одного из боковых блоков РН СТК.

При установке с помощью кранового оборудования бокового блока (ББ) производится закрепление верхних и нижних силовых связей с ЦБ.

1. Установка центрального блока на УСК и закрепление с помощью технологических упоров и балки;
2. Демонтаж технологического упора;
3. Подвод бокового блока с помощью кранового оборудования;
4. Закрепление верхних и нижних силовых связей;
5. Подвод опор УСК и передача нагрузки от бокового блока на УСК.



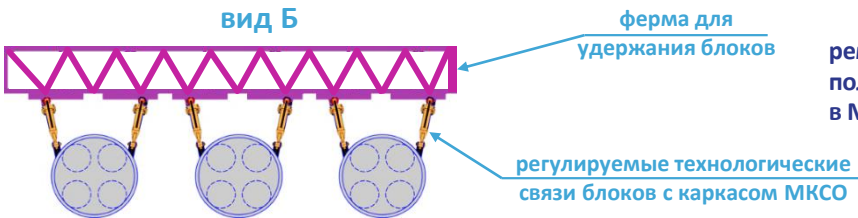
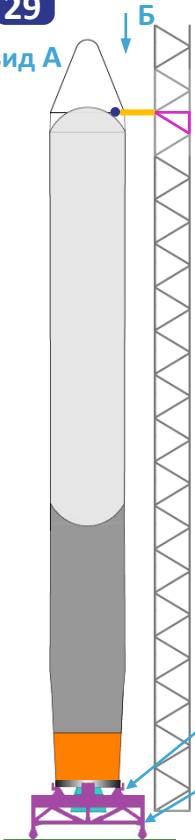
Установка ЦБ

Установка ББ

# Технология полной или частичной разборки РКН СТК (вариант №3)

29

вид А



При необходимости КГЧ демонтируется и увозится на ремонт, а подключенная к коммуникациям РКН остается внутри МКСО на ПС.

При обнаружении дефекта в блоке РКН, требующем заводского ремонта, демонтируется необходимое количество блоков без отключения оставшихся на ПС блоков РН от систем, что существенно экономит трудозатраты при сборке РКН. Демонтированные блоки хранятся в МКСО, из МКСО вывозится и возвращается только блок, требующий ремонта в МИКе или на ЗИ.

места опирания блока с боковым ограничителем

передвижная опора для блока

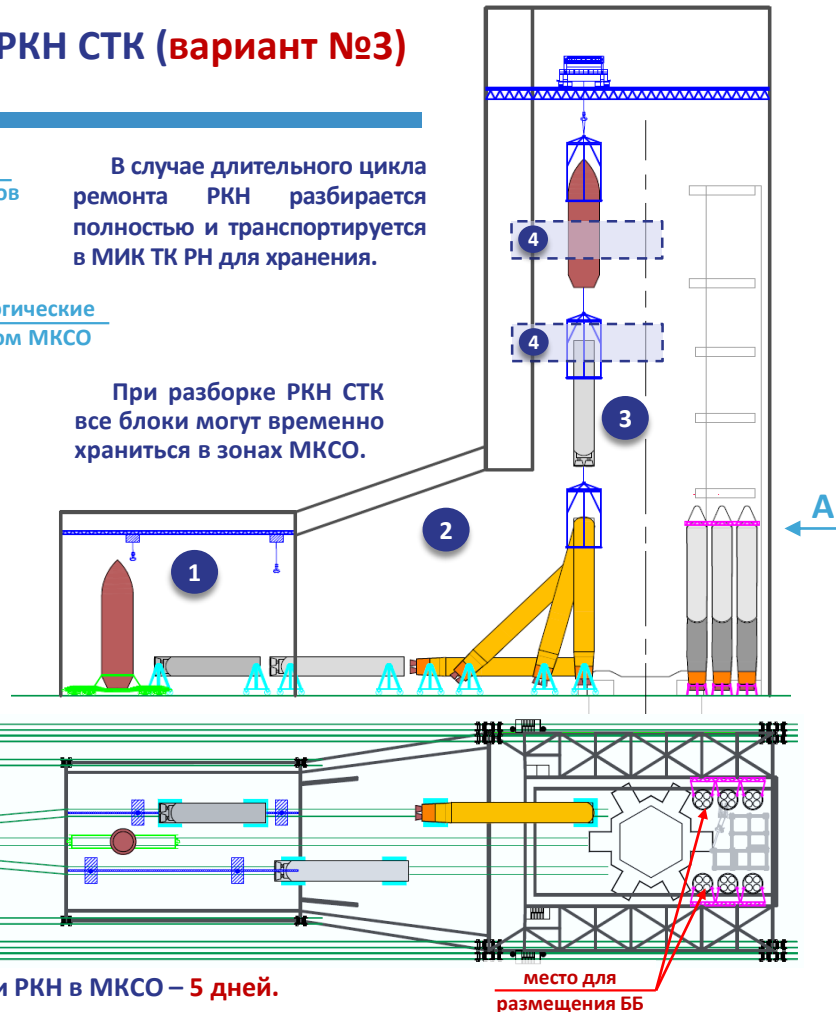
Спецпуть для МКСО

ж/д путь с двумя ветками в МКСО

Предполагаемое время снятия КГЧ – 1 день, полной разборки РКН в МКСО – 5 дней.

В случае длительного цикла ремонта РКН разбирается полностью и транспортируется в МИК ТК РН для хранения.

При разборке РКН СТК все блоки могут временно храниться в зонах МКСО.

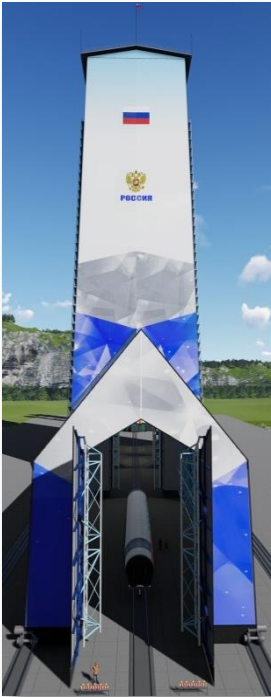


## Вертикальная сборка РКН СТК (вариант №3)

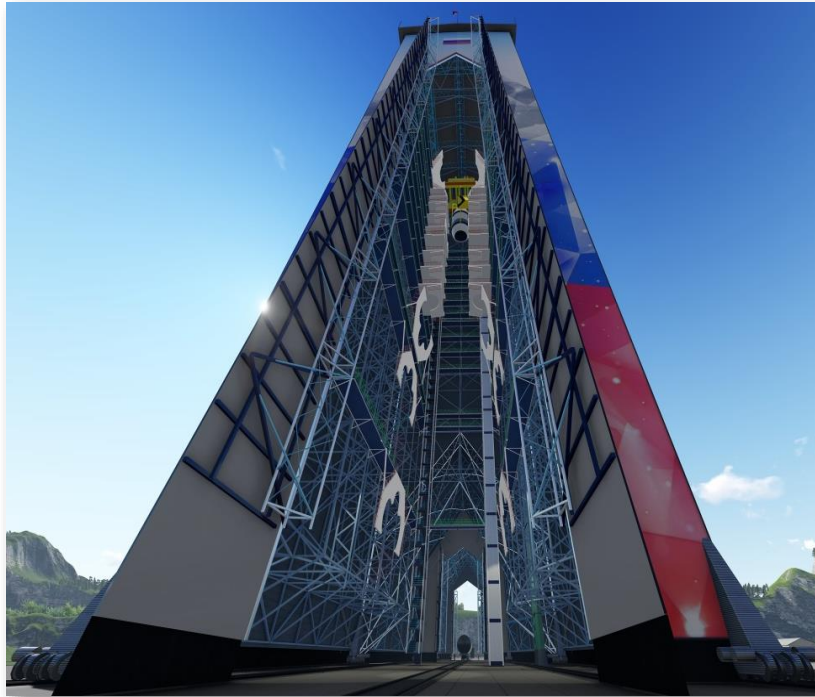
### Внешний облик МКСО на УСК

30

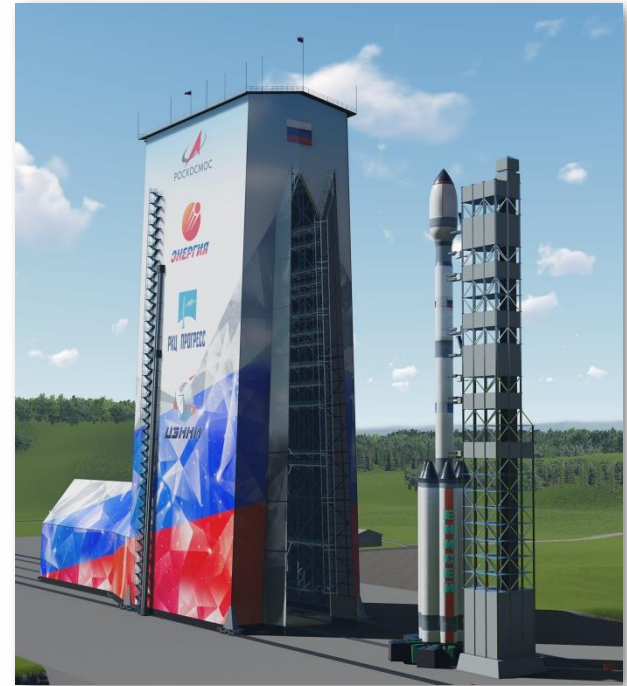
В МКСО возможно собирать РКН нескольких модификаций за счёт изменения высот площадок и проходов к ним



Вид со стороны  
малых ворот



Вид МКСО для РКН СТК – центральная часть



Вид со стороны больших ворот

## Вертикальная сборка РКН СТК (вариант №3)

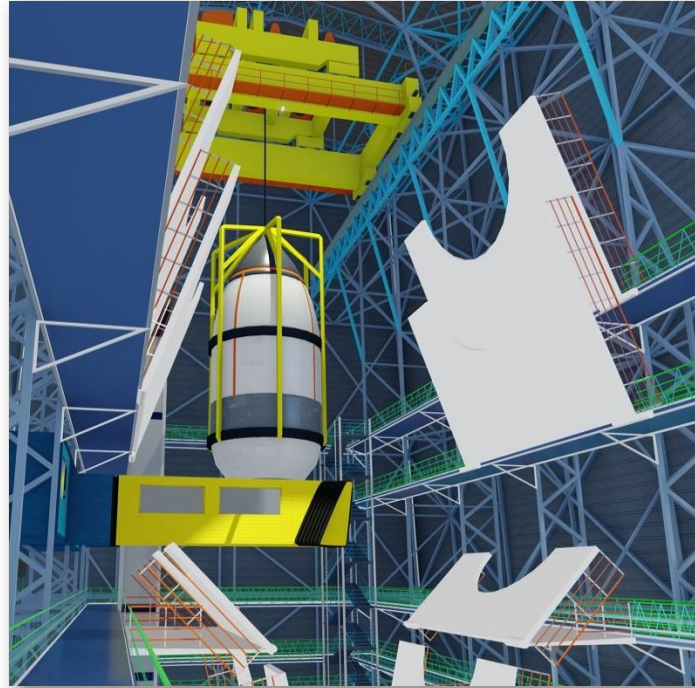
### Внутренний облик зон МКСО

31

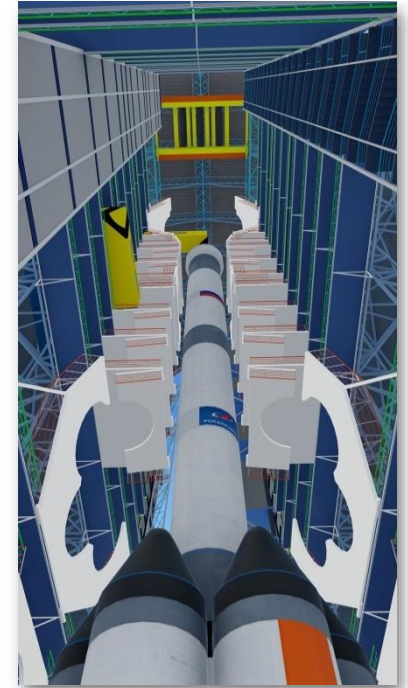
Создание МКСО не зависит от сроков проектирования модификаций РКН СТК, изменение доступов к высотам РКН обеспечивается перестановкой проходов и поворотных площадок без изменения несущей конструкции МКСО



Зона входного контроля блоков



Подъем КГЧ весом до 200 т на высоту 100 м



Зона сборки и обслуживания РКН

## Вертикальная сборка РКН СТК

### Расчеты прочности и обоснование масс всех основных частей МКСО

32

Расчеты выполнены с применением вычислительного комплекса NX Nastran.

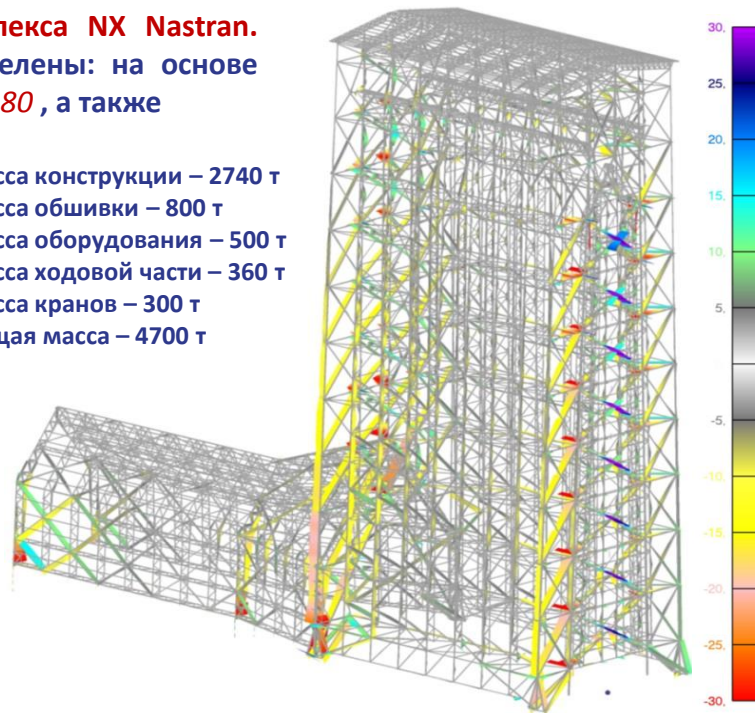
Массы всех частей МКСО и нагрузки на рельсы и опоры определены: на основе расчетов с учетом воздействия ветра 27 м/с (10 мин) по ОСТ 92-9249-80, а также

- ГОСТ 27751 Надежность строительных конструкций и оснований
- СП 20.13330 Нагрузки и воздействия
- СП 16.13330 Стальные конструкции
- СП 50.13330 Тепловая защита зданий и сооружений
- СП 52-101 Бетонные и железобетонные конструкции
- СП 60.13330 Вентиляция и кондиционирование
- СП 362 Ограждающие конструкции из трехслойных панелей



Результаты расчета подкрановых путей (кгс/мм<sup>2</sup>)

- Масса конструкции – 2740 т
- Масса обшивки – 800 т
- Масса оборудования – 500 т
- Масса ходовой части – 360 т
- Масса кранов – 300 т
- Общая масса – 4700 т



Результаты расчета конструкции МКСО (кгс/мм<sup>2</sup>)

**Расчеты прочности и обоснования масс основных частей МКСО:** несущей конструкции МКСО, площадок, проходов и ворот, подкрановых путей и опор при подъёме КГЧ весом 200 т, ограждающей конструкции и креплений, системы перемещения МКСО.



## Анализ вариантов сборки высокой РКН на УСК

33

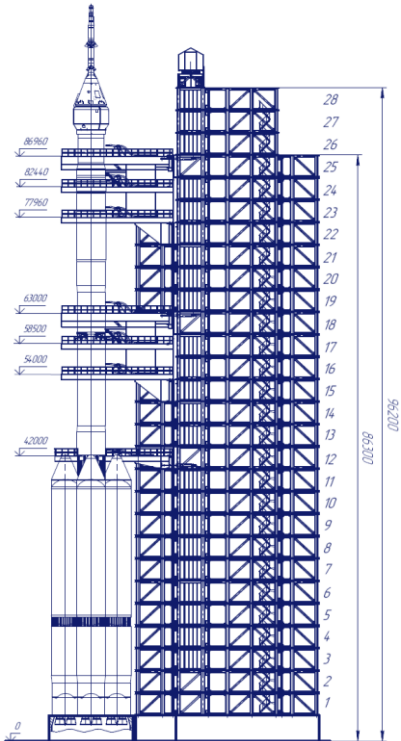
Вертикальная сборка РКН по **варианту №1** производится на ТПП в вертикальном МИКе из отдельных составных частей, относительно небольших габаритных размеров, РКН не требует обеспечения высоких жесткостных характеристик. Обеспечивается автоматическая стыковка наземных коммуникаций заправочного технологического оборудования, электрических и пневмокоммуникаций с коммуникациями РН СТК на УСК.

Применение горизонтальной сборки по **варианту №2** – длительный и трудоемкий процесс, **создаются дополнительные нагрузки при сборке** и перегрузке на транспортный агрегат, установке на ПУ. Кроме этого, снятие РКН СТК с ПУ и возвращение в МИК в случае НШС для устранения замечаний в отсутствие необходимого доступа – трудоемкие и продолжительные операции, сопряженные с дополнительными рисками повреждения РКН.

**Вариант №3 вертикальной сборки РКН позволит:** исключить создание дорогостоящего МИК РН (РКН) СТК, уменьшить количество и значительно упростить основные агрегаты наземного технологического оборудования, обеспечить простой и удобный доступ в необходимые зоны обслуживания РКН на УСК с обеспечением защиты персонала от атмосферных воздействий и погодных условий космодрома «Восточный». При этом в **варианте №3** все технологические операции по сборке РН и РКН СТК производятся непосредственно на ПУ, не требуется строительство дорогостоящих спецпутей.

**Вертикальный способ установки тяжелой КГЧ является основным в мировой практике. Сборка РКН вертикальным способом позволяет избежать дополнительных нагрузок на РН и КГЧ, в том числе значительных сосредоточенных нагрузок в местах опирания собранной РКН. Отсутствуют ограничения на ПС, связанные с нахождением в горизонтальном положении. При необходимости ремонта КГЧ, она увозится, а подключенная к коммуникациям РКН остаётся внутри МКСО на ПС.**

**34** Технология обслуживания РКН с КЗБ массой до 4 000 тонн подробно описана в 371СК61 ПЗ ч1 т.14



### Недостатки КЗБ:

- КЗБ не обеспечивает защиту персонала от атмосферных воздействий при обслуживании и проверках частей и агрегатов РКН;
- КЗБ не оснащается комфортными помещениями для отдыха и обогрева в зимний период;

### Характеристики КЗБ

Наименование характеристики	Значение или описание характеристики			
	Вариант 1		Вариант 2	
	РКН исп.1	РКН исп.2	РКН исп.1	РКН исп.2
Номера рисунков в альбоме иллюстраций	1.1–1.10	2	3.1–3.11	4
Масса (без опорного устройства), т	3000	4000	3100	4000
В том числе масса устанавливаемого оборудования УСК, т	250	350	250	350



КЗБ с РКН СТК

## Обслуживание РКН СТК

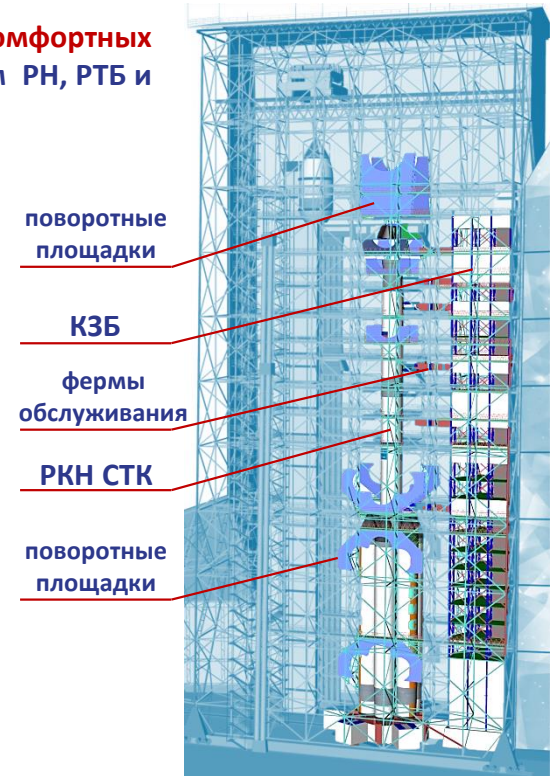
Доступ в зоны обслуживания РКН производится с КЗБ и с площадок МКСО – вариант №3

35

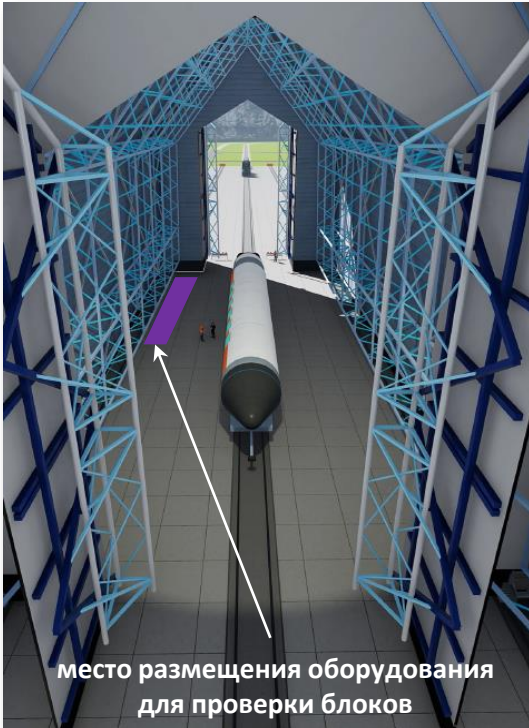
Преимущества обслуживания РКН с площадок МКСО и КЗБ заключаются в **комфортных условиях для персонала** и в наличии бытовых помещений, удобстве доступа к отсекам РН, РТБ и КА. **Упрощается конструкция КЗБ** за счёт переноса части её функций в МКСО.



Поворотные площадки МКСО обеспечивают удобный доступ к РКН и КГЧ



КЗБ внутри МКСО

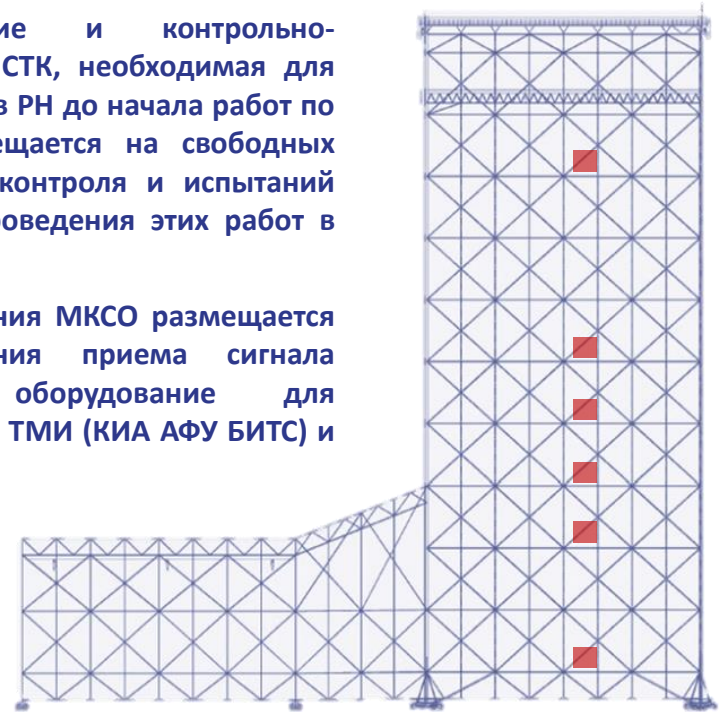


место размещения оборудования для проверки блоков

Зона входного контроля в МКСО

Наземное оборудование и контрольно-проверочная аппаратура РН СТК, необходимая для проведения испытаний блоков РН до начала работ по вертикальной сборке, размещается на свободных площадях в зоне входного контроля и испытаний МКСО (возможен вариант проведения этих работ в МИК РН «Союз-2»).

На площадках обслуживания МКСО размещается аппаратура, для обеспечения приема сигнала навигационных систем оборудование для ретрансляции сигналов систем ТМИ (КИА АФУ БИТС) и периферийные блоки КПА РН.



Зоны размещения КПА РН СТК

37

Максимальная численность персонала для проведения испытаний и сборки РКН в МКСО и обслуживании МКСО:

**126 человек в зоне сборки РН и РКН\*:**

- слесарь-монтажник – 10 чел.
- крановщик – 2 чел.
- руководитель расчета – 7 чел.
- инженер-испытатель – 12 чел.
- слесарь бортового расчета – 30 чел.
- расчет НТО УСК и МКСО – 50 чел
- контроль от промышленности – 15 чел.
- техническое руководство – 10 чел.

Примечание\* - при выполнении операций по технологическому графику максимальное количество одновременно работающего в МКСО персонала не превышает 50 человек.

**19 человек для обеспечения работ МКСО:**

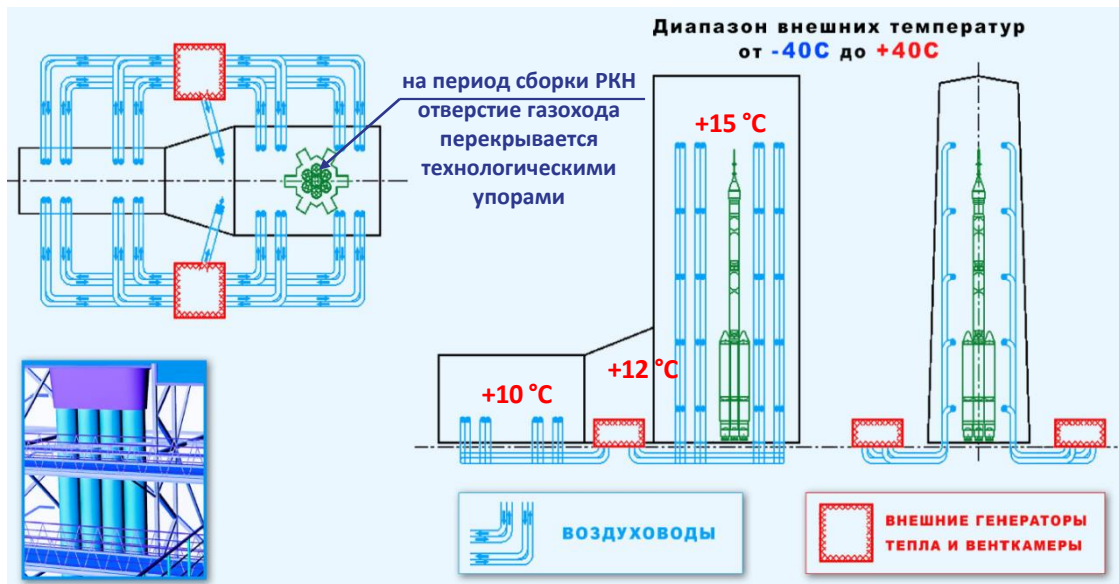
- главный механик – 1 чел.
- инженер гидравлик – 1 чел.
- инженер по кранам – 1 чел.
- инженер по климатизации – 2 чел.
- слесарь механик – 1 чел.
- слесарь гидравлик – 1 чел.
- ведущий инженер-электрик – 1 чел.
- электрик 5-го разряда – 1 чел.
- уборщик – 2 чел.
- охрана – 8 чел.



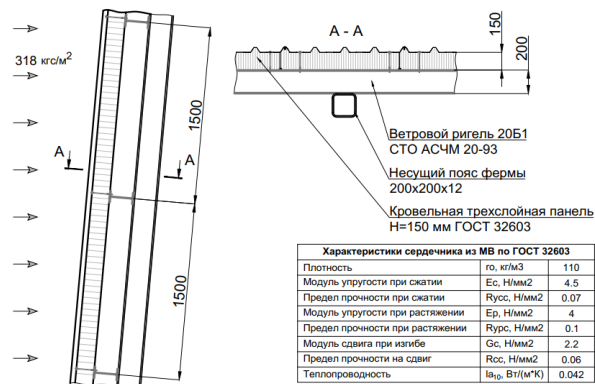
Типовое бытовое помещение

- Жизнеобеспечение персонала МКСО производится в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ 20.39.108-85.
- Уровни МКСО позволяют находить требуемое количество персонала.
- Зоны для отдыха персонала устраиваются в бытовых помещениях внутри МКСО с обеспечением микроклимата.
- Перемещение персонала по уровням МКСО обеспечивают 2 лифта грузоподъемностью 1000 кг и 3 лестницы.

**38** Генераторы тепла, системы кондиционирования и венткамера (ТВР) расположены вне МКСО на УСК. Рабочие места и бытовые помещения в МКСО обеспечиваются локальными средствами климатизации.



Максимальная тепловая мощность обогрева: до 7 МВт при температуре окружающей среды -42 °С для диапазона температур на рабочих местах: от +15 °С до +25 °С. Во внутреннем объеме МКСО поддерживается рабочая температура от +10 °С до +25 °С.



Результаты расчетов стеновых панелей

## Анализ способов обслуживания РКН на УСК

39

При обслуживании РКН по **вариантам №1 и № 2** с открытых площадок КЗБ, не защищающих персонал от внешних атмосферных воздействий (порывов ветра, дождя, снега, мороза, жары и солнечного излучения, тумана и пыли) возникают проблемы с безопасностью выполнения операций и с влиянием условий труда на здоровье персонала.

При обслуживании РКН **по варианту №3** персонал защищён от атмосферных воздействий и выполняет задачи в комфортных климатических и бытовых условиях. На уровнях МКСО легко разместить мобильные бытовые и технологические помещения. В МКСО создаются возможности для повышения производительности труда, сокращения времени технологических операций, сокращается цикл испытаний РКН за счёт совмещения проверок, проводимых на ТК и УСК, обеспечивается удобная стыковка КГЧ с РН.

**Удобство обслуживания РКН в МКСО обеспечивается полным доступом к системам и агрегатам РКН и КГЧ и условиями для их комфортного обслуживания персоналом**

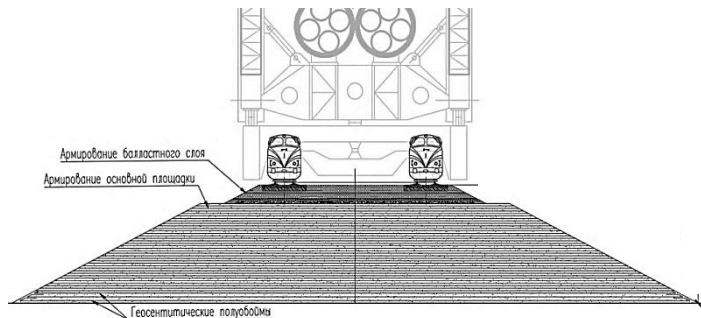
## Сравнение сечений путей. Стоимость спецпутей

40

Стоимость спецпути длиной 7.1 км для варианта №2 вывоза РКН СТК на ТУТ/ТПП **составляет до 17 млрд. руб.**  
 Стоимость пути для варианта №3 длиной 0.4 км для МКСО составляет **до 0.8 млрд. руб.** и подъездных однопутных ж/д путей длиной 3.8 км **до 1.1 млрд. руб.**

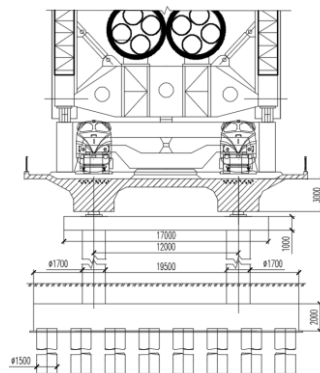
### вариант №2

Земляное полотно  
 спецпути – **5.7 км из 7.1 км**  
 предложение ЦЭНКИ-НИИСК



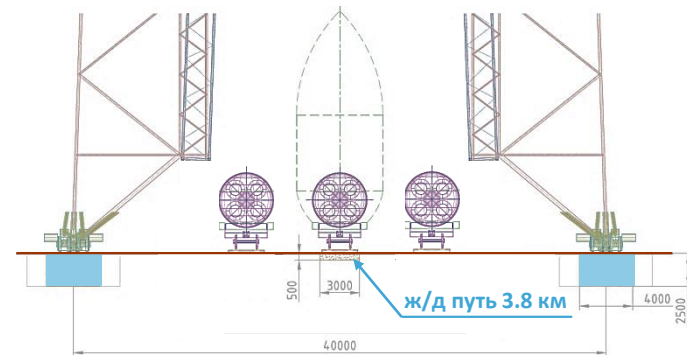
### вариант №2

Эстакадная часть  
 спецпути – **1.4 км из 7.1 км**  
 предложение ЦЭНКИ-НИИСК



### вариант №3

Путь для перемещения МКСО – **0.4 км**



- принятый тип рельса для МКСО – КР120;
- принятый тип рельса для ж/д платформ – Р65.

#### Технические показатели земляного полотна:

- **максимальная высота насыпи 14 м;**
- **максимальный продольный уклон 0,4%;**
- **принятый тип рельса - Р65.**

#### Технические характеристики эстакадной части:

- Поперечное сечение пролетного строения состоит из предварительно напряженных ЖБ балок, высотой до 3м;
- **максимальная длина пролета - 50м с высотой опор до 21м;**
- ЖБ опоры в количестве - 30 шт.

*Сечения путей приведены в одном масштабе*



# Специальные пути от МИК к ПУ

## Трасса специального пути для **варианта №2**

41

При горизонтальной сборке РКН в МИКе необходим специальный путь протяжённостью 7 км для транспортировки РКН на ТУТ или ТУА или ТПП со скоростью до 5 км/ч.

Суммарная продолжительность строительства составит **56 месяцев – 4 года и 8 месяцев** (371СК61 ПЗ часть 1 том 6).

Тип основания	Протяженность
Земляное полотно	5.68 км
Эстакадная часть	1.4 км
<b>Всего</b>	<b>7.08 км</b>

Протяженность дороги, км	5,68
двухпутная дорога, к	1,30
Продолжительность для однопутной (Часть II, Раздел В, Подраздел 1, п.2 таблицы - подъездные и соединительные пути), мес	17,39
Продолжительность для двухпутной железной дороги	23
Продолжительность строительства железнодорожного моста рассчитана в соответствии с пособием к СНиП 1.04.03-85 по экстраполяции, мес	
Протяженность моста, м	1400,00
двухпутный мост, к	1,30
Продолжительность для однопутного моста (Часть II, Раздел В, Подраздел 8, п.1 таблицы - железнодорожный мост), мес	25,37
Продолжительность двухпутного железнодорожного моста	33
Суммарная продолжительность строительства, мес	56

УСК РКН СТК

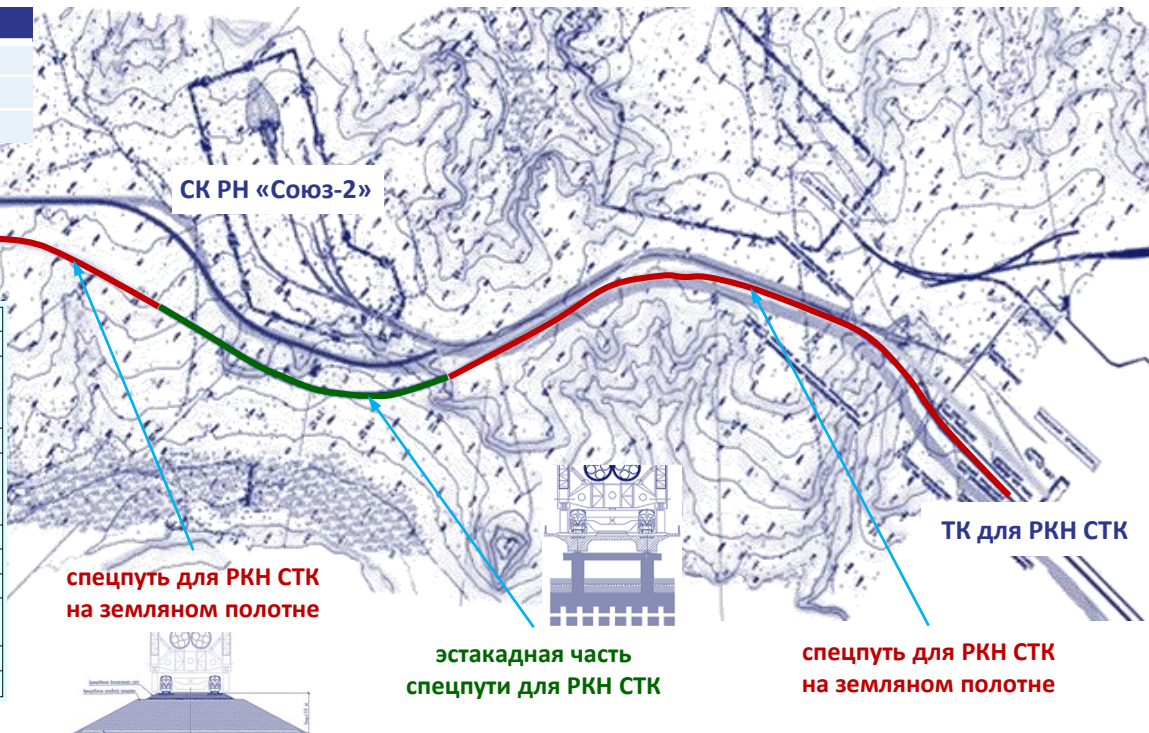
СК РН «Союз-2»

ТК для РКН СТК

спецпуть для РКН СТК  
на земляном полотне

эстакадная часть  
спецпути для РКН СТК

спецпуть для РКН СТК  
на земляном полотне

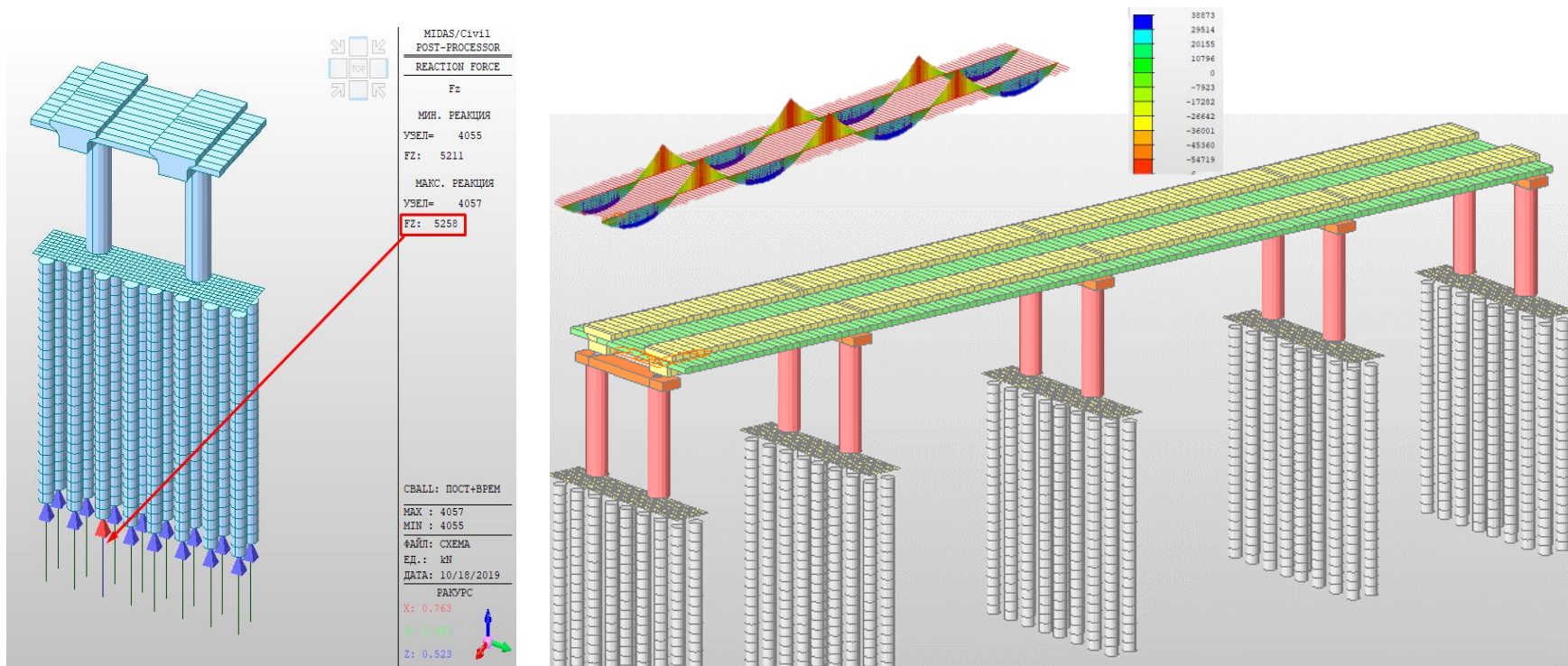


## Специальные пути от МИК к ПС

Результат расчета эстакадной части пути для **вариантов №2**

42

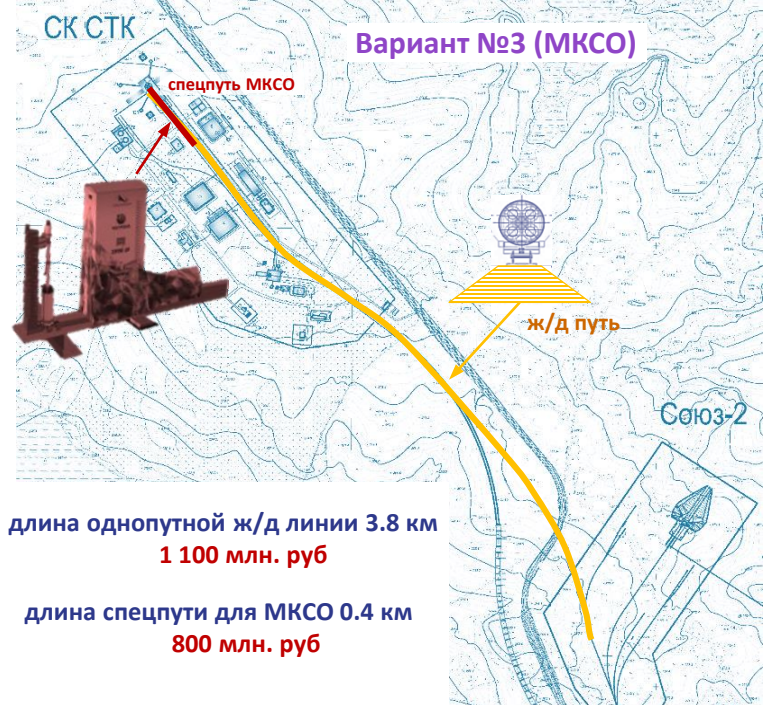
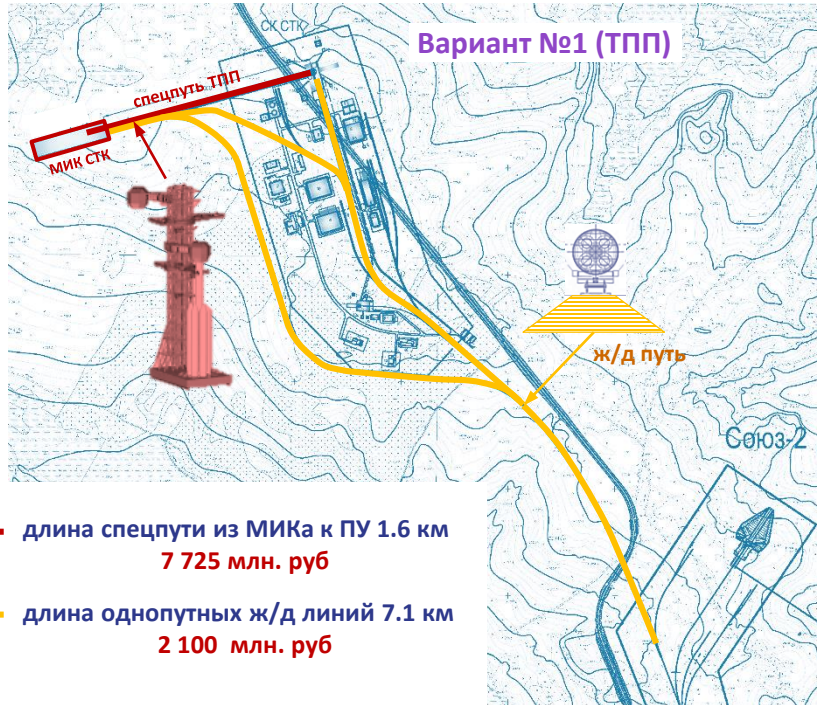
Проект и расчеты путей выполнены ООО «МетроТрансМост» по заказу ФГУП «ЦЭНКИ»-НИИСК.



Протяжённость эстакадной части пути составляет 1.4 км, **глубина буровых свай достигает 25 м**

## Путь для доставки КГЧ, КРТ, блоков РН для вариантов №1 и №3

**43** Для вариантов №1 и №3 необходим однопутный подъездной ж/д путь для доставки блоков и КГЧ к месту сборки на платформе типа 14-Т055 и транспортировки КРТ на стандартных грузовых ж/д платформах.



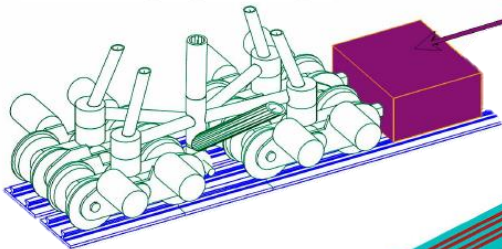
Примечание: стоимости приведены из нормативов строительства НЦС-81-02-2017 для III категории местности по рельефу. Принятый тип рельса Р65

## Специальный путь для МКСО

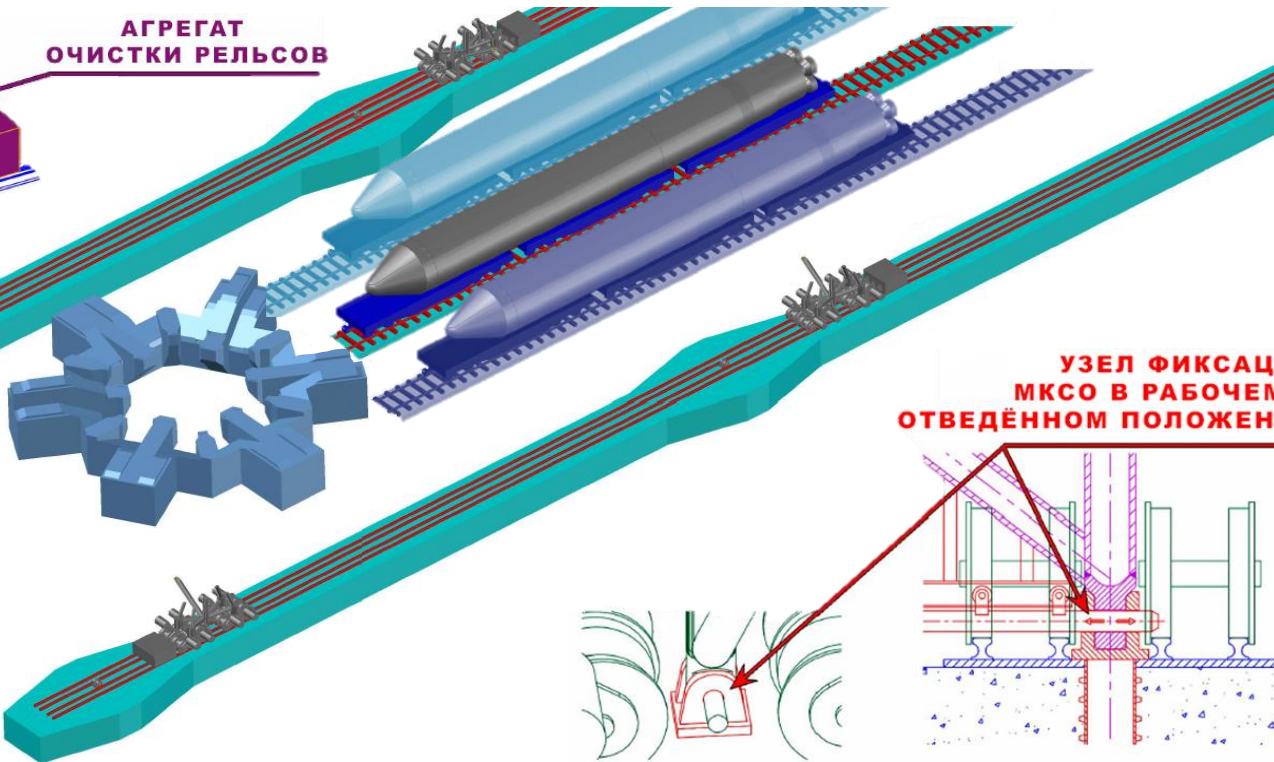
Конструкция путей и системы перемещения МКСО на 0.4 км – вариант №3

- 44 Путь для перемещения МКСО имеет длину не более 400 м, состоит из 8 рельсов на бетонном основании шириной 4.5 м и глубиной 2.5 м. В местах размещения 4х узлов фиксации МКСО железобетонное основание имеет расширение до 7 м. Объём бетона 12.8 тыс. куб. м.

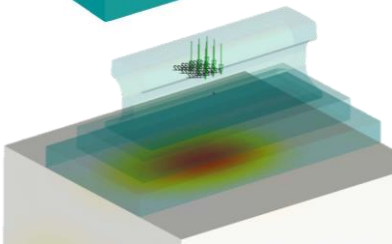
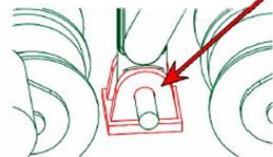
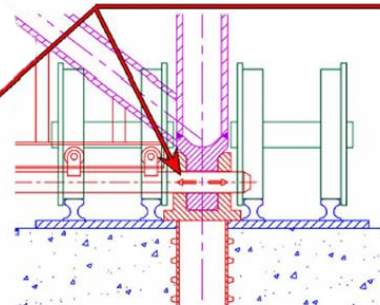
ТЕЛЕЖКИ С 16 КОЛЁСАМИ



АГРЕГАТ  
ОЧИСТКИ РЕЛЬСОВ



УЗЕЛ ФИКСАЦИИ  
МКСО В РАБОЧЕМ И  
ОТВЕДЁННОМ ПОЛОЖЕНИИ



Расчет контактных напряжений

## Возможные способы эвакуации экипажей ПТК

45

Критерии обеспечения безопасности экипажей ПТК (требования ПАО «РКК «Энергия» исх. № 19-9/234 от 30.08.2019г.) - требования к устройствам эвакуации при пожаре:

- а) минимизация длительности эвакуации людей с АПЭК в укрытие;
- б) минимизация длительности отведения (подвода) конструкции АПЭК от КГЧ на расстояние, обеспечивающее увод ОГБ при спасании экипажа посредством РБАС;
- в) время подвода АПЭК - не более 1 минуты;
- г) время экстренной эвакуации 20 человек при помощи АПЭК с места посадки экипажа – не более 2 мин.



# Потенциальная возможность эвакуации экипажа из ПТК с помощью МКСО

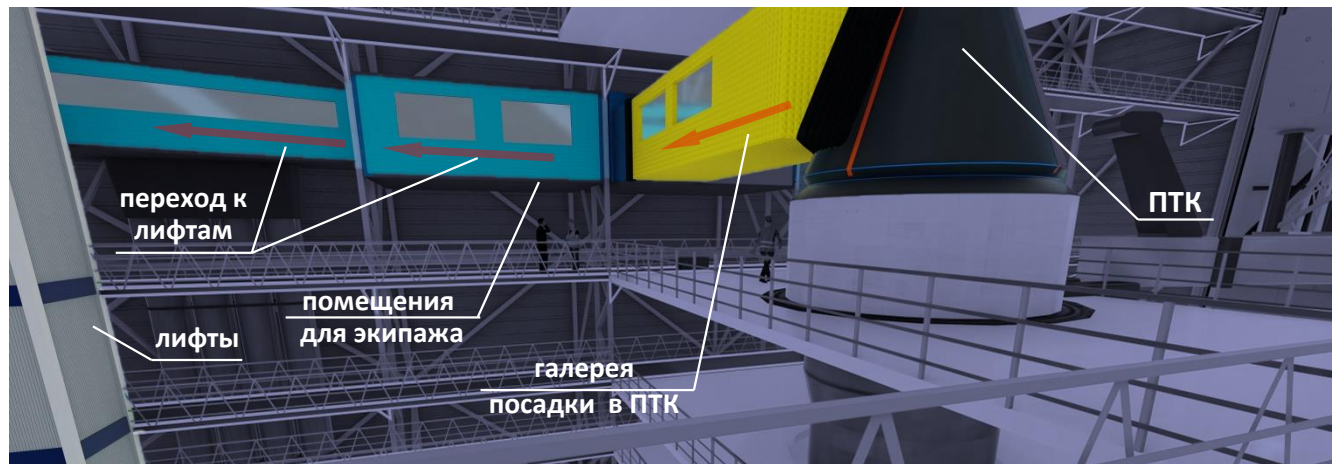
## Система эвакуации через МКСО как альтернатива АПЭК

**46** При неаварийной отмене пуска МКСО обеспечивает быструю и безопасную эвакуацию экипажа и персонала при невысоких скоростях отвода МКСО и спуска людей на лифтах, лестницах и эвакуационных рукавах.

При аварийной ситуации для эвакуации используется РБАС ПТК.

Для готовности МКСО к эвакуации перед пуском РКН МКСО находится на технологических замках в 100 м от РКН для восприятия акустических и газодинамических воздействий, все ворота открыты, площадки подняты, галерея посадки повернута в эвакуационное положение. Подготовка к эвакуации экипажа из ПТК начинается немедленно после получения команды и экипаж проводит подготовку к покиданию ПТК. Как только подведена МКСО в положении эвакуации, при этом галерея посадки повернута и готова для приема экипажа. Экипаж с помощью эвакуационного персонала покидает ПТК и немедленно дается команда оператору на отвод МКСО от РКН, и начинается движение МКСО в безопасную зону (100 м). Экипаж и эвакуационный персонал перемещаются по галерее, далее по переходам к двум поднятым на этаж ПТК лифтам вместимостью по 10 человек каждый. После покидания этажа ПТК экипажем и персоналом – все спускаются в лифтах со скоростью спуска 2-4 м/с на нулевой уровень за 30-40 сек. За это же время МКСО перемещается на расстояние 100 м – в безопасную зону, а далее – в отведенное положение на 200 м.

Время эвакуации экипажа из 6 человек, эвакуационного персонала из 7 человек и персонала обслуживания ПТК производится за 150 секунд, такой способ соответствует требованию ПАО «РКК «Энергия» исх. №19-9/234 от 30.08.2019г.

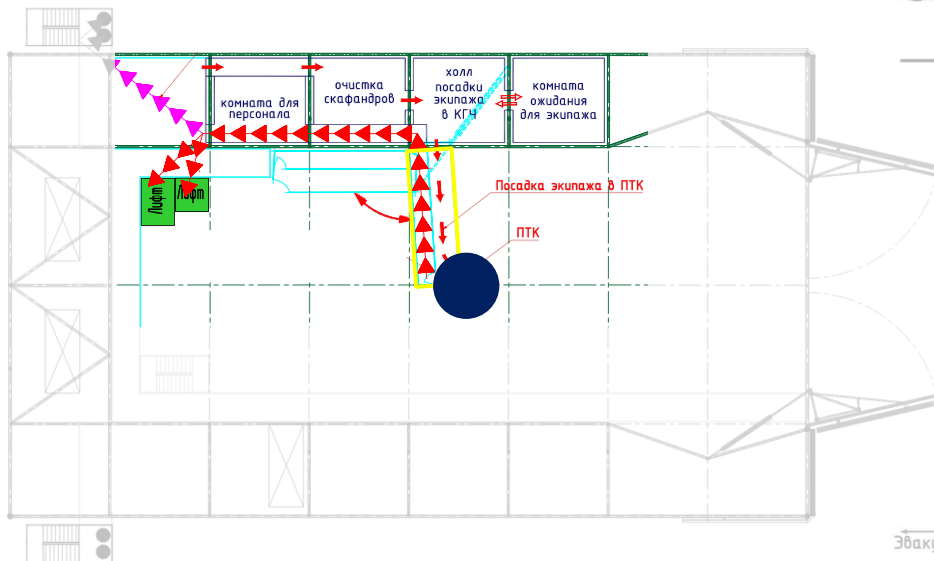


Быстрая эвакуация экипажа из ПТК через галерею в лифт

## Схема эвакуации экипажа и персонала через МКСО

### 47 Последовательность эвакуации, общее время эвакуации в безопасную зону с МКСО – 150 секунд:

а) Высвобождение из захватов – 10 сек; б) подвод МКСО к РКН (с открытыми воротами и повернутой галереей) с промежуточной предстартовой позиции на 100 м (зона вне действия факела РКН) со скоростью 3 м/с – за 40 сек; в) выход 6-ти членов экипажа из ПТК – за 30 сек; г) переход 13 человек – членов экипажа и персонала к лифтам на расстояние 30 м – за 30 сек; д) отъезд МКСО со скоростью 3 м/с на 100 м (в зону вне действия факела РКН) – за 40 сек. Параллельно с эвакуацией экипажа возможен спуск персонала до 100 человек по лестницам и эвакуационным рукавам.



Пути эвакуации экипажа в плане

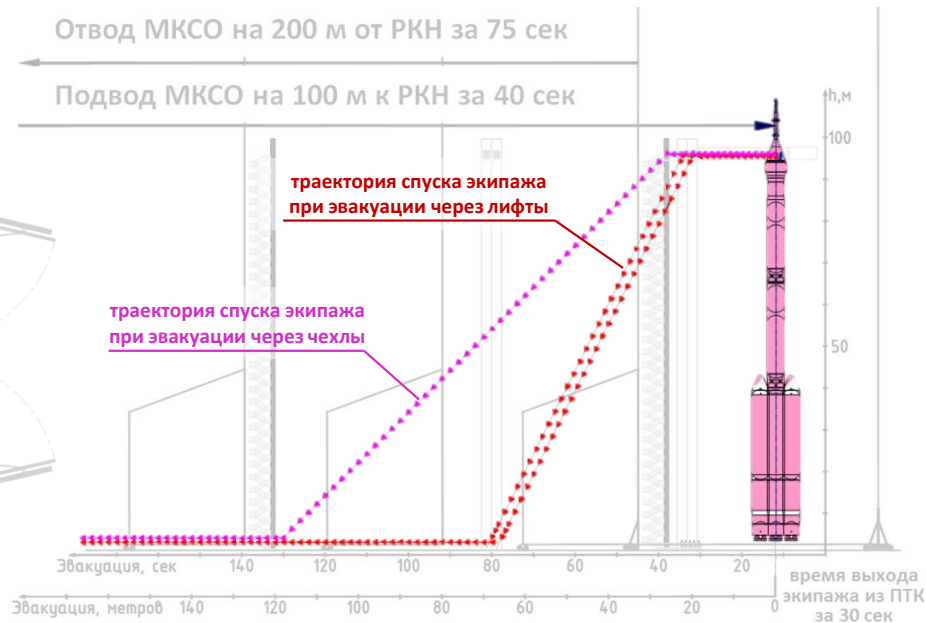
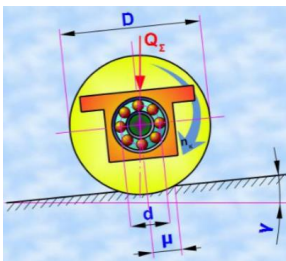


Диаграмма эвакуации экипажа при отводе МКСО

# Расчет динамики движения МКСО для эвакуации экипажа из ПТК

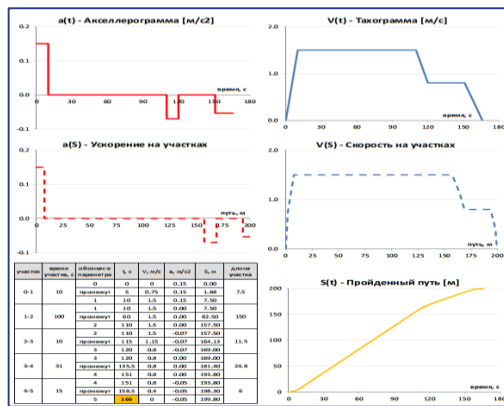
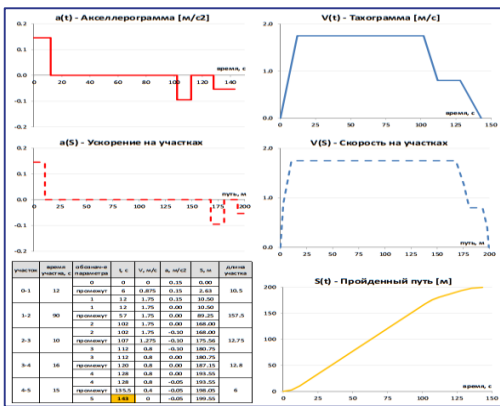
48

Высокая надёжность перемещения МКСО обеспечивается применением 32х трансмиссий мощностью 3200 кВт.



Управление трансмиссиями производится с пульта управления, увязывающего функции перемещения с состоянием агрегатов МКСО.

МКСО позволяет эвакуировать с низкими рисками большое количество персонала надежным и простым горизонтальным перемещением в МКСО без значительных скоростей вертикального спуска.



Результаты расчетов динамики и потребляемой мощности при перемещении МКСО с учётом воздействия ветра от 0 до 5 м/с с учетом порывов ветра до 17 м/с.

Параметры расчета	Обозн	Режим движения		
		без ветра	ветер 5 м/с	порыв 17 м/с
масса башни	G, т	4 700	4 700	4 700
ускорение разгона	a, м/с <sup>2</sup>	0.15	0.15	0.1
трение качения	f, м	0.001	0.001	0.001
трение в подшипниках	μ	0.015	0.015	0.015
диаметр вала	dv, м	0.1	0.1	0.1
диаметр колеса	Dк, м	1	1	1
скорость башни	V, м/с	3.3	2.2	0.55
КПД двигателя привода	η	0.93	0.93	0.93
ветровая нагрузка	W, т	0	40	430
перегрузка привода	ψ	1.2	1.2	1.2
сопротивление разгону	F, т	80	120	510
Мах мощность для башни	P, кВт	3200	3200	3200

Для справки: большие порталные краны высотой до 100 м имеют скорость перемещения до 2 м/с.



# Эвакуация экипажа из ПТК с помощью наклонного желоба (ЦЭНКИ-НИИСК)

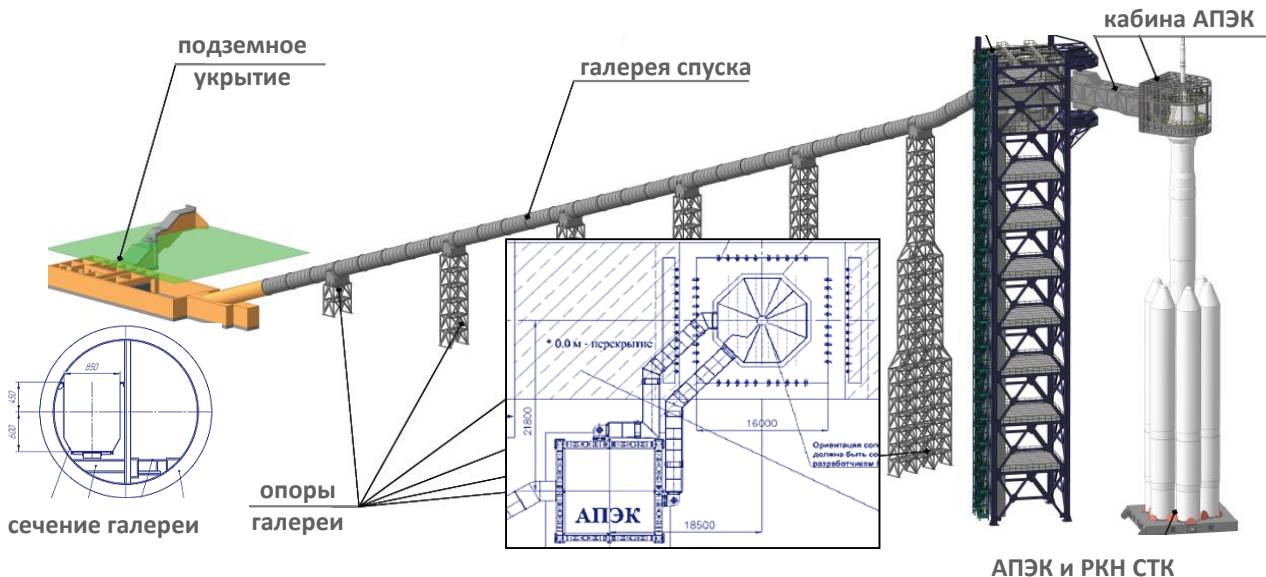
## Система эвакуации экипажа из ПТК РКН СТК через АПЭК

49

**Последовательность эвакуации:** подведение кабины АПЭК к ПТК за 300 сек → выход экипажа из ПТК за 90 сек → переход к галерее спуска за 30 сек → спуск через эвакуационную галерею за 90 сек. Всего: 510 секунд = 8.5 мин.

**Скорость**, развиваемая при спуске с АПЭК высотой 100 м, **достигает 150 км/ч**, для торможения в бассейне подземного укрытия **требуется до 300 м<sup>3</sup> незамерзающей жидкости**. Требуется специальный профиль спуска, соответствующий требованиям стандартов. Предложенная галерея спуска **не соответствует требованиям безопасности (ISO 17842, EN 13814 или ГОСТ 33807)**. Фактически: время спуска одного человека – 20 сек, а спуск последующего возможен только после спуска предыдущего, эвакуация 12 человек займёт 240 сек. **Заявленное время на эвакуацию экипажа не соответствует требованиям РКК «Энергия».**

**Замечание ЦЭНКИ (371СК61 ПЗ 4 кн.1):** «Главными недостатками (АПЭК) являются увеличение времени, необходимого на преодоление расстояния от ПТК до входа в галерею эвакуации и отсутствие у кабины промежуточной опоры в виде подвижной части галереи эвакуации, что повышает необходимые требования по жесткости конструкции кабины во избежание больших перемещений чехла под действием ветровых и инерционных нагрузок».



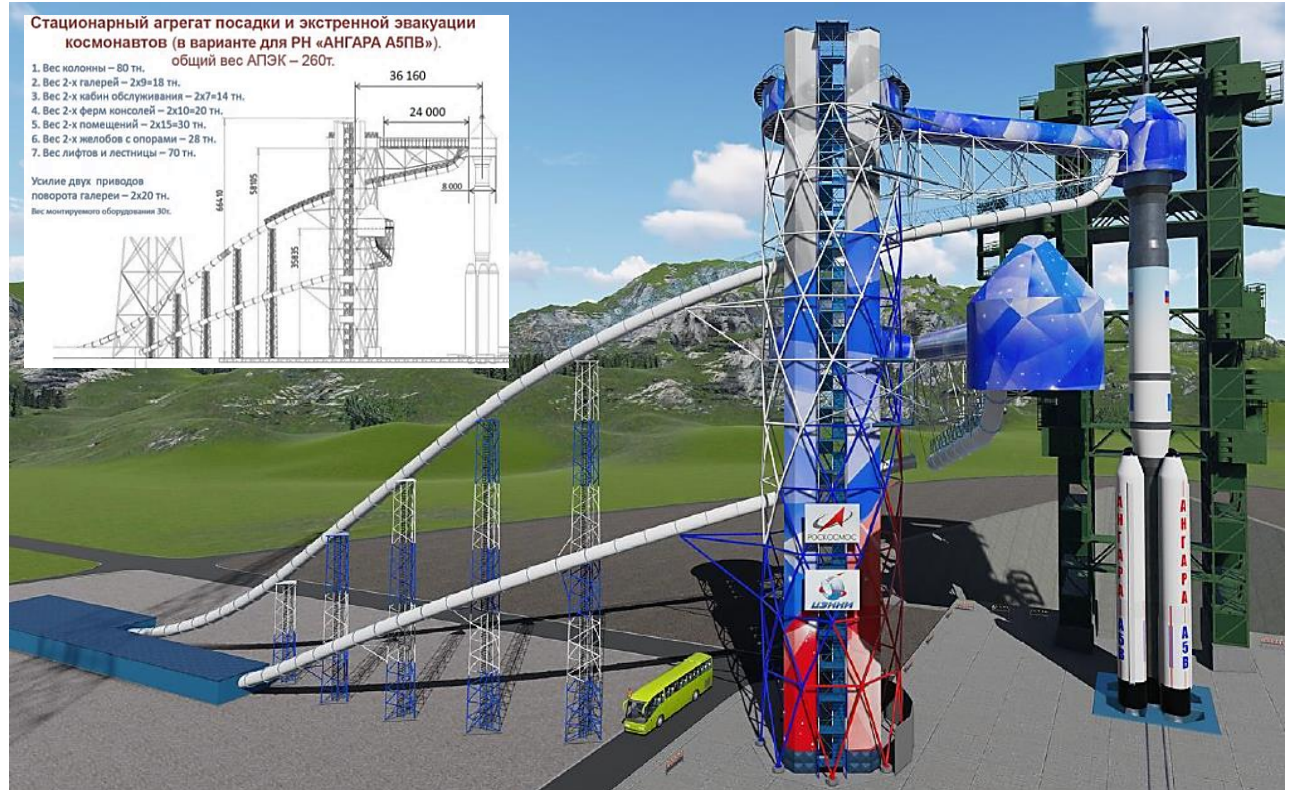
## Предложение «Пакс-Дизайн» – эвакуация экипажа из ПТК Система эвакуации экипажа из ПТК РКН «Ангара А5В» через АПЭК

50

В 2017 в ЦЭНКИ-НИИСК было подано предложение «Пакс-Дизайн» - проектировщика МБО для ГКЦ по АПЭК для РКН «Ангара А5В», в котором показана допустимая форма желоба для спуска экипажа с допустимыми ускорениями.

Для АПЭК для РКН «Ангара» была разработана допустимая форма галереи спуска с высоты не более 66 метров, соответствующая требованиям стандартов безопасности.

Даже при устранении недопустимых перегрузок в желобе не обеспечивается безопасность и требуемое время эвакуации экипажа и персонала через АПЭК с высоты 80-120 м.



АПЭК с допустимой формой желобов для эвакуации с высоты 66 метров

## Применяемые системы эвакуации экипажа за рубежом

51

В США применяется для эвакуации с высоких РКН система спуска в люльках на наклонных тросах с КЗБ.  
В настоящее время за рубежом не применяется эвакуация экипажа через спуск в наклонном желобе.



Спуск люлек с экипажем SpaceX



Спуск на тросах Space Shuttle



Спуск тележки с экипажем из KA Orion

## Ориентировочная стоимость и сроки создания МКСО

52

Наименование этапа	Ориентировочная стоимость, млн. руб.	Ориентировочный срок, год
Разработка конструкторской и эксплуатационной документации	1 900,0	2
Изготовление СЧ комплекса	7 013,0	2
Монтаж и подготовительные работы к монтажу	2 300,0	1
Испытания	500,0	1
Итого:	11 713,0	6

## Таблица стоимости вариантов сборки РКН СТК

**53**

Виды работ	Вертикальная сборка РКН (ТПП) Вариант №1	Горизонтальная сборка РКН (ПУА) Вариант №2	Вертикальная сборка РКН (МКСО) Вариант №3
Создание МИК для подготовки РКН СТК	23 000,000**	17 290,010	не требуется
Разработка и изготовление технологического оборудования ТК РКН СТК*	7 023,926	7 023,926	4 468,568
Разработка и изготовление КНО и ПА РН на ТК	6 010,080	6 010,080	3 000,000
Разработка и изготовление комплекта СТО РН на УСК	1 150,000	1 150,000	3 505,040
Строительство специального пути	7 725,714***	16 943,983	800,000
Строительство пути для доставки КГЧ, КРТ, блоков РН	2 100,000	не требуется	1 100,000
Создание транспортно-установочной тележки ТУТ / платформы ТПП для РКН	11 200,000	4 012,586	не требуется
Создание подъемно-установочного агрегата ПУА	не требуется	5 959,000	не требуется
Создание ТУТ с грузовым макетом РКН СТК	не требуется	5 599,168	не требуется
Создание КЗБ	не требуется	5 440,000	3 012,000
Создание АПЭК	2 425,700	2 425,700	2 425,700
Создание МКСО	не требуется	не требуется	11 713,000
<b>ИТОГО, млн. руб. :</b>	<b>60 635,42</b>	<b>71 854,453</b>	<b>30 024,308</b>

Стоимости капитальных объектов и технических систем, одинаковые для всех вариантов и составляют 59 640 млн.руб. и не приведены в данной таблице;

Примечания: \* - без учета стоимости ТУТ с грузовым макетом РКН СТК;

\*\* - из сравнительного анализа п.2 таблицы сравнения 371СК61 ПЗ кн.1 т.2 л.271; \*\*\* - из п.7 таблицы сравнения 371СК61 ПЗ кн.1 т.2 л.273;

Стоимости приведены ориентировочные и требуют уточнения проекта при дальнейшем проектировании объектов КРК.

## Результаты анализа стоимости эксплуатации РКР СТК

54

Наименование показателя	Вариант горизонтальной сборки РКН СТК на ТК – варианты №1,2	Вариант вертикальной сборки РКН СТК в МКСО – вариант №3
Затраты (стоимость) на эксплуатацию в течение года	Строительные сооружения с техническими системами – <b>342</b> млн. руб.	МКСО – <b>50</b> млн. руб.
	НТО и технологических систем – <b>22</b> млн. руб.	КНТО подготовки РН на УСК – <b>18</b> млн. руб.
Затраты (стоимость) на подготовку и проведение пуска РКН	<b>95</b> млн. руб. *	<b>40</b> млн. руб.
<b>Итого:</b>	<b>459</b> млн. руб.	<b>108</b> млн. руб.

Примечания: \* - на основании материалов ЭП по ТК РН СТК и ТК РКН СТК разработки филиала ФГУП «ЦЭНКИ» - КБ «Мотор». Стоимости ориентировочные и приведены без учета затрат на эксплуатацию УСК и технологического оборудования УСК.

## Выводы. Преимущества вертикального способа сборки и обслуживания РКН СТК в МКСО

### 55 Выводы по вариантам сборки РКН СТК:

- а) способ вертикальной сборки РКН СТК в МКСО позволит **исключить дополнительные механические воздействия на РКН СТК**, которые возникают при горизонтальной сборке, транспортировке и установке РКН СТК при помощи ПУА или ТУА;
  - б) сборка РКН в МКСО позволит **упростить конструкцию КЗБ, уменьшить её вес и габариты**;
  - в) применение вертикального способа сборки в МКСО на УСК позволит осуществить весь технологический цикл подготовки СЧ РН и РКН в пределах **МКСО без создания специального МИКа и сложного сборочного стапеля**, а также **исключает необходимость использования дорогостоящих ТУТ и ПУА**;
  - г) при обнаружении неисправности КГЧ может быть проведено ее снятие и транспортировка на ТК КГЧ без полной разборки всей РКН.
- Выводы по обеспечению обслуживания:** в отличие от вариантов №1 и 2 – вариант №3 – МКСО обеспечивает: **защиту для персонала и оборудования УСК от атмосферных воздействий**, помещениями для отдыха персонала, удобные доступы к отсекам РН, РБ и КА с площадок обслуживания.
- Выводы по проблеме подъездных путей:** применение МКСО позволяет **исключить дорогостоящие спецпути** длиной 7 км (варианты №1 и №2).
- Выводы по стоимости создания КРК:** вариант №3 вертикальной сборки РКН СТК в МКСО **не требует строительства специального МИКа для сборки РН (РКН)**, позволит исключить из состава КРК требуемые для горизонтальной сборки **дорогостоящий стапель сборки РН и ТК РКН**, исключить из состава УСК грузовой макет РКН, ТУТ, ПУА, ССБ), **упростить и удешевить КЗБ**. Это снизит стоимость реализации варианта №3 по сравнению с вариантом №1 на 30.6 млрд.руб, а с вариантом №2 – на 41.8 млрд.руб, а также снизит затраты на ежегодную эксплуатацию КРК на 350 млн. руб.

Реализацию варианта вертикальной сборки РКН СТК в МКСО целесообразно проводить с привлечением основных предприятий госкорпорации «Роскосмос» - «ЦЭНКИ – НИИСК», «ЦЭНКИ - КБ «Мотор», АО РКЦ «Прогресс».

## Таблица сравнения показателей вариантов сборки РКН СТК

56

Технико-экономические показатели	Вертикальная сборка в МИКе	Горизонтальная сборка в МИКе	Вертикальная сборка в МКСО
	Вариант №1	Вариант №2	Вариант №3
Количество основных агрегатов КРК	5	9	4
Оборудование для транспортировки и сборки РКН СТК	Вертикальный МИК, ТПП с КЗБ, агрегат термостатирования, АПЭК	МИК и стапель, склад блоков РН, грузовой макет с ТУТ, КЗБ, АПЭК, ТУТ, ПУА	МКСО, КЗБ, АПЭК, пункт климатизации МКСО
Напряжения и деформации в конструкции РКН	<b>Минимальные</b> при сборке РК, при транспортировке - <b>существенные</b>	<b>Существенные</b> при: сборке и перегрузке в МИКе, транспортировании и установке на ПУ	<b>Минимальные</b> , сборка РКН на ПУ
Снятие КГЧ или блока с РКН (для ремонта), возможность сохранения подключения РКН к системам	снятие и отключение РКН с ПС, возврат в МИК, возврат на ПС, подключение систем	снятие и отключение РКН с ПС, возврат в МИК, возврат на ПС, подключение систем	сохранение на ПС собранной и подключенной РКН
Доступ к отсекам РН, РБ, МБ и КА	<b>Ограниченный</b> доступ с ферм КЗБ	<b>Ограниченный</b> доступ с ферм КЗБ	<b>Полный</b> доступ с площадок МКСО
Защита персонала при обслуживании РКН на ПС от внешних воздействий	не обеспечена	не обеспечена	обеспечена
Условия для посадки экипажа	комфортные, посадка через АПЭК	комфортные, посадка через АПЭК	комфортные, посадка через МКСО или АПЭК
Стоимость спецпутей	1.6 км спец пути – 7.7 млрд. руб.	7 км спец путей с эстакадой – 17 млрд. р.	0.4 км спецпуть – 0.8 млрд. руб
Стоимость подъездных путей	7 км спец пути – 2.1 млрд. руб.	нет	3.8 км ж/д путь – 1.1 млрд.руб.
Время создания оборудования и путей	8-9 лет	8-9 лет	6-7 лет
Стоимость варианта сборки	60 635,42 млн. руб.	71 854,453 млн. руб.	30 024,308 млн. руб.
Стоимость эксплуатации КРК	459 млн. руб.	459 млн. руб.	108 млн. руб.



# МКСО станет символом новых технологических достижений России на космодроме «Восточный»

