

Ульяненко А.В.,

старший преподаватель кафедры "Стартовые ракетные комплексы"

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Россия, г. Москва

Языков А.В.,

старший преподаватель кафедры "Стартовые ракетные комплексы"

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Россия, г. Москва

ФОРМИРОВАНИЕ ОБЛИКА КОНСТРУКЦИИ ПУСКОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ РАКЕТ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ СО СТАРТОВО-СТЫКОВОЧНЫМ БЛОКОМ

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы проектирования пусковых установок для перспективных ракет космического назначения. Предложен подход к формированию облика пусковых установок без силовой рамы. Приведены варианты конструкции комплектов силовых тумб для различных типов РКН с ССБ.

Ключевые слова: ракета космического назначения, ракета-носитель, РКН, РН, пусковая установка, стартово-стыковочный блок, проектирование.

FORMATION OF THE DESIGN OF THE STARTING UNIT FOR A SPACE LAUNCHERS WITH START-CONNECTING BLOCK

Abstract: The article is devoted to the design of launchers for advanced space rockets. The proposed approach to the formation of launchers without the power rack. Given the design of the sets of power tables for different types of LV with the start-connecting unit.

Key words: space rocket, launch vehicle, LV, launcher, launching docking unit, start-connecting unit, design.

Одним из перспективных направлений ракетостроения является создание ракет космического назначения (РКН) среднего, тяжелого и сверхтяжелого класса /1/. Данные семейства ракет предназначены для доставки на орбиту грузов до ста тонн (в случае сверхтяжелой РКН).

Проектирование конструкции пусковой установки (ПУ) для РКН включает в себя несколько этапов. Одним из них является определение её облика (схемы). В настоящей работе обсуждаются вопросы создания облика силовой конструкции ПУ для РКН, имеющих в своем составе стартово-стыковочный блок (ССБ).

ССБ – это переходный, транзитный отсек между РКН и ПУ. ССБ служит нижней силовой опорной плитой, к которой крепятся блоки первой ступени ракеты. Использование ССБ имеет ряд достоинств:

- торец ракеты с ССБ представляет цельную жесткую конструкцию, что обеспечивает надежную транспортировку ракеты на транспортно-установочном агрегате и установку ее в вертикальное положение на старте;

- ССБ выполняет функцию защитного устройства, которое предохраняет РКН от прямого воздействия и действия возвратных потоков от работающих ракетных маршевых двигателей при старте, а также конструкции ПУ от воздействия горячих потоков работающих маршевых двигателей при подъеме РКН;

- конструкция ССБ обеспечивает более равномерное распределение нагрузок на опоры ПУ;

- наличие ССБ дает возможность цеховых условий сборки разъемных соединений гидравлических и пневматических магистралей подводимых к торцу ракеты.

В целом ССБ по своей функции является элементом наземного комплекса. Он рассчитан на многократное использование с проведением соответствующего объема ремонтных и профилактических работ после

каждого пуска. В отечественной космонавтике к РКН с ССБ можно отнести МРКК «Энергия», которой в настоящее время, по известным причинам, нет.

Однако, несколько лет назад разрабатывался проект «Русь-М»/2/, который представляет собой семейство РКН различной тяговооруженности, достигаемой наличием различного количества боковых блоков. Все РКН этого семейства имеют в своем составе ССБ. В данной работе предлагается подход к формированию облика для всех таких РКН.

Основными факторами, определяющими облик любой силовой конструкции, ПУ являются:

- компоновка РКН (в особенности первой ступени) и расположение опорных ее точек;
- наличие ССБ;
- конфигурация газодинамического проема.

Так, расположение опорных точек РКН определяет места расположения и количество её силовых связей с конструкцией ПУ, массово-габаритные характеристики ракеты определяют параметры этих связей.

ССБ передаёт силовые нагрузки от РКН на ПУ. Он представляет собой рамную силовую конструкцию, что позволяет несколько изменить (сместить) места передачи нагрузок от РКН на ПУ.

Конфигурация газодинамического проёма, в свою очередь, определяет возможные места передачи нагрузок от ПУ на стартовое сооружение.

Таким образом, конструкция ПУ должна учитывать, как расположение опорных точек РКН, так и возможности опирания самой ПУ на стартовом сооружении. Необходимость выполнения последнего условия привело к появлению в облике силовой конструкции ПУ для РКН «Энергия» силовой рамы, так как без нее затруднительно было передать нагрузки на стартовое сооружение с газодинамическим проёмом, созданным для другой РКН. При проектировании ПУ для перспективных ракет,

ограничений, связанных с использованием стартовых сооружений для других РКН, не возникает, что позволяет улучшить схему ПУ, исключив из неё силовую раму. Использование конструкции без силовой рамы даёт ряд существенных преимуществ:

1. Улучшаются газодинамические свойства старта. А именно:

- уменьшаются потери тяги ДУ ракеты при старте за счет уменьшения величины донного давления в подракетном пространстве вследствие улучшения процесса подсоса воздуха в нее;
- уменьшаются ударно-волновое и акустическое воздействия от струй ДУ при старте.

2. Снижается металлоёмкость конструкции пусковой установки при достаточной несущей способности, что позволяет:

- значительно снизить себестоимость изготовления конструкции;
- существенно снизить нагрузку на стартовое сооружение и следовательно уменьшить объем работ на его создание;
- облегчить процесс транспортировки элементов пусковой установки и их монтажа на космодроме.

Рассмотрим несколько возможных вариантов схем ПУ для различных РКН с ССБ.

Начнем с обсуждения нюансов формирования облика ПУ на примере сверхтяжелой РКН «Русь-МТ». Эта ракета в качестве первой ступени имеет 6 боковых блоков. Каждый из этих блоков на своем торце имеет четыре опорные точки для связи с ССБ (см. рисунок 1). Общий вид ССБ для такой РКН может иметь вид, приведенный на рисунке 2. На рисунке 3 приведены предлагаемые точки опирания самого ССБ на ПУ. Таким образом, общий вид стартовой системы для рассматриваемой РКН может иметь вид, приведенный на рисунке 4. В качестве ПУ для рассматриваемой РКН предлагается использование ПУ, состоящее из независимых силовых тумб. Необходимое количество силовых тумб, их конфигурации и расположения

для передачи нагрузок от РКН и ССБ на стартовое сооружение определяется, с одной стороны, необходимостью максимального приближения точек опоры ССБ на силовые тумбы к опорным точкам РКН для создания кратчайшего пути передачи нагрузок на стартовое сооружение. С другой стороны, количество опорных точек ССБ должно обеспечивать нагружение тумб, не приводящее к потере их несущей способности. Таким образом, исходя из указанных факторов, предлагается использовать ПУ, приведенную на рисунке 5.

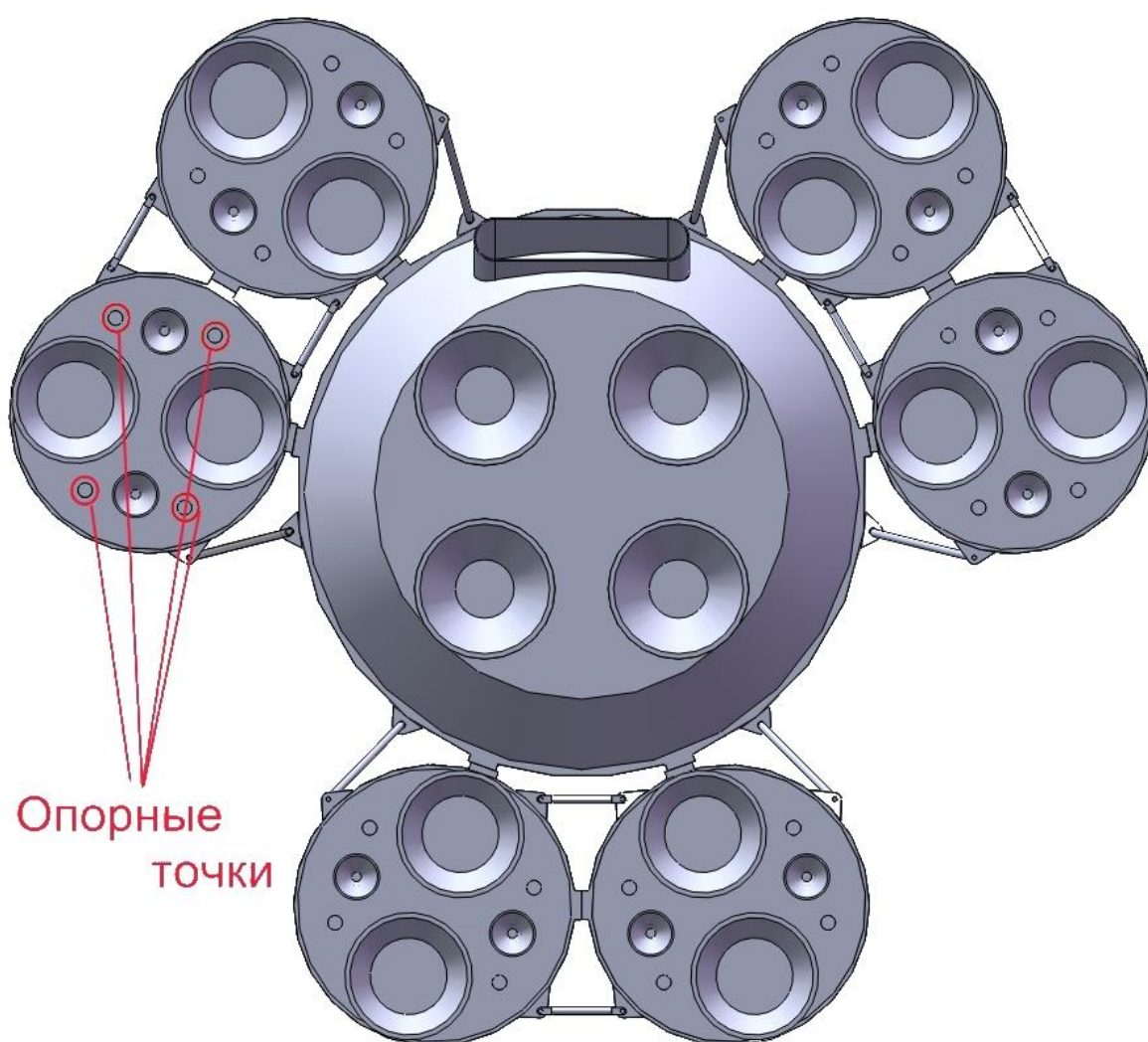


Рисунок 1 – Расположение опорных точек боковых блоков РКН

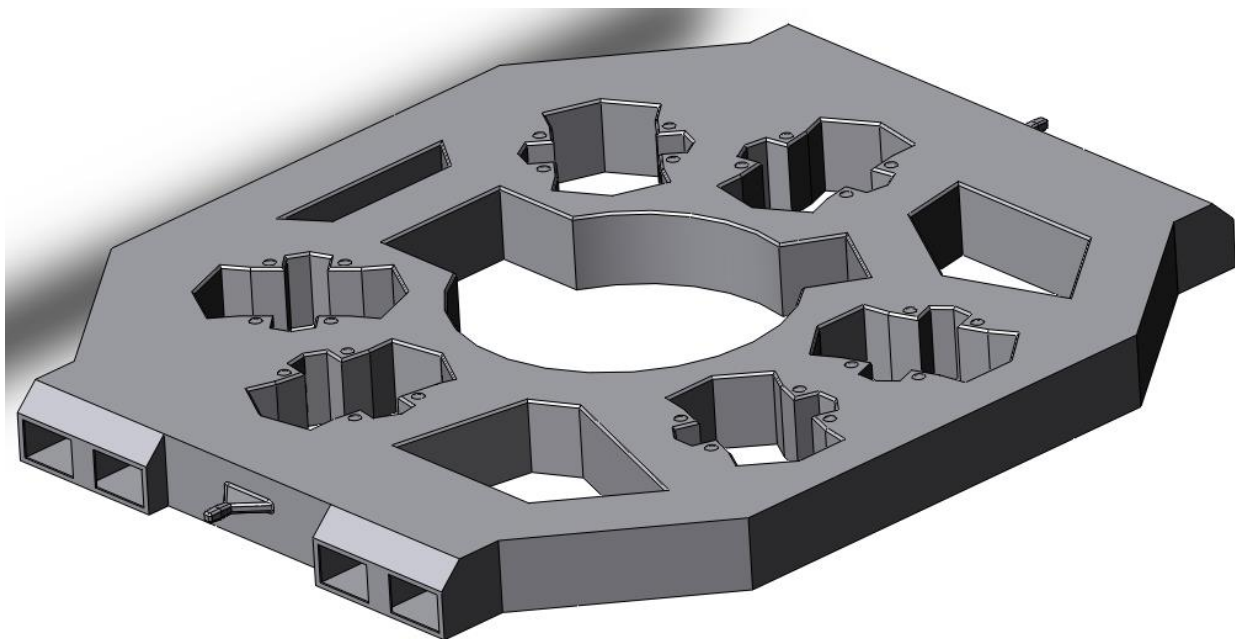


Рисунок 2 – Общий вид ССБ

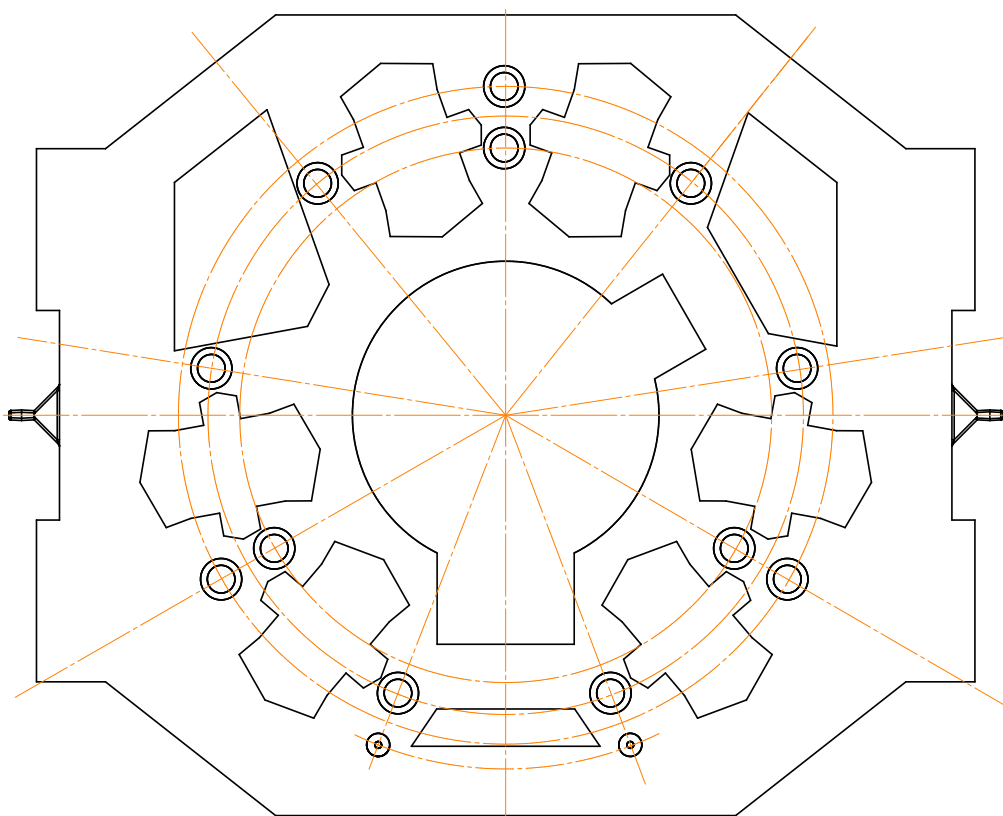


Рисунок 3 – Расположение точек опирания ССБ на ПУ

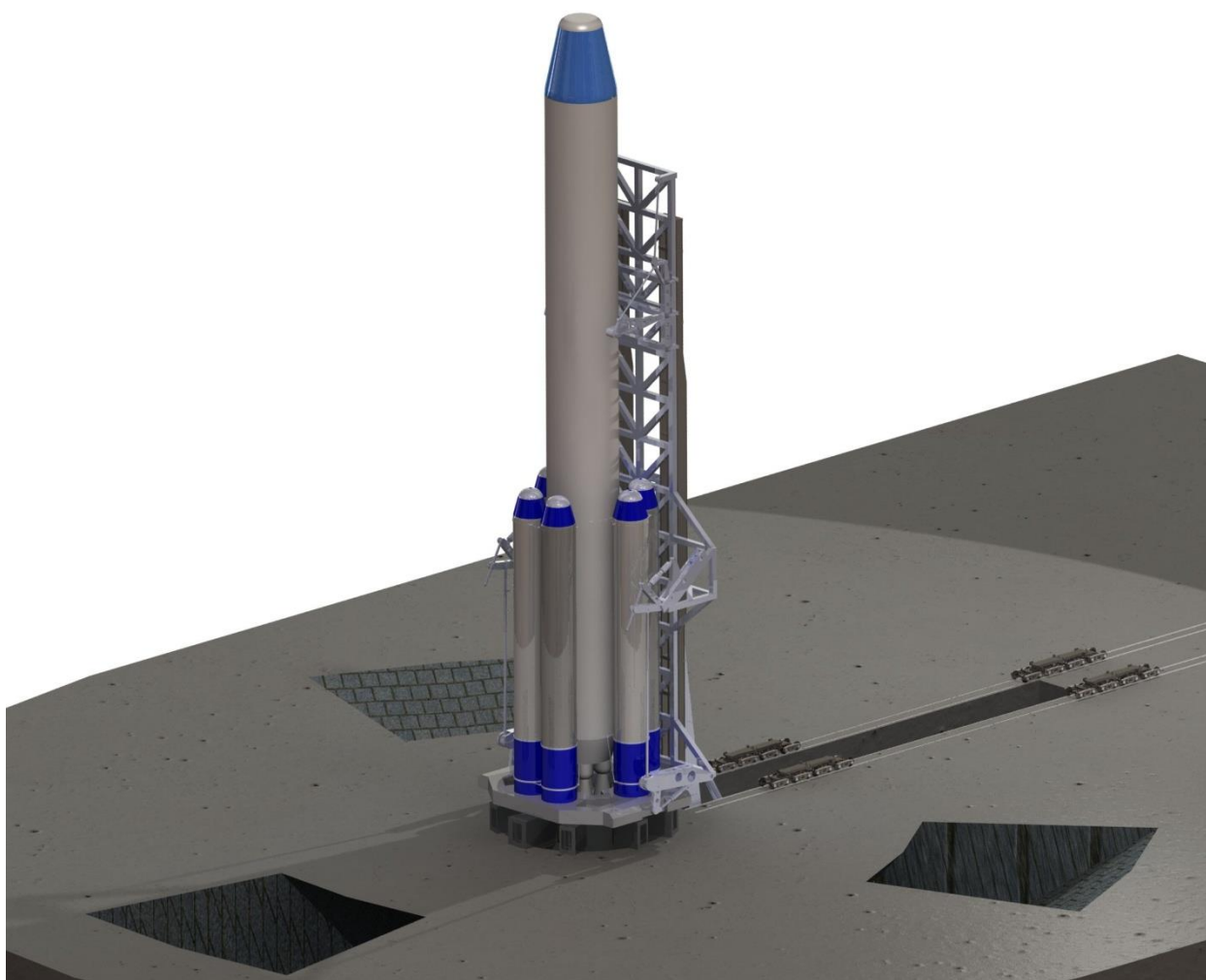


Рисунок 4 – Общий вид стартовой системы для РКН
с шестью боковыми блоками

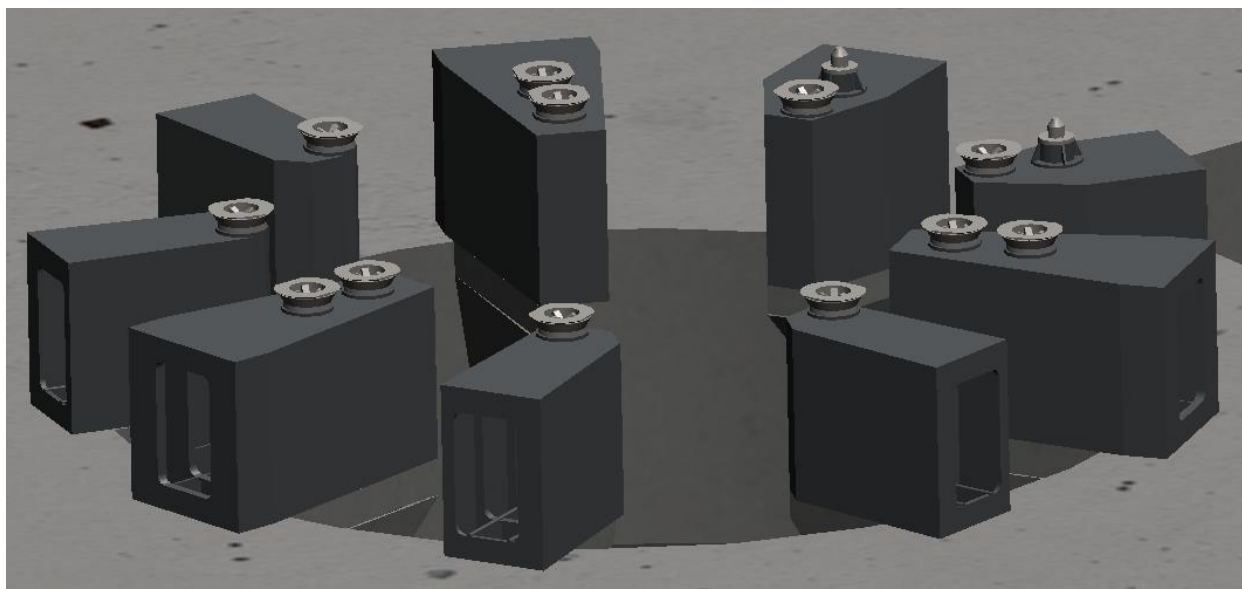


Рисунок 5 – Общий вид ПУ для РКН с шестью боковыми блоками

Как можно видеть на этом рисунке, ПУ состоит из трех видов силовых тумб:

- центральная тумба (рисунок 6). Эта тумба должна воспринимать сжимающие и растягивающие усилия от РКН с ССБ при помощи специальных опорно-захватных устройств (ОЗУ). Ее опорные точки располагаются под серединой двух спаренных боковых блоков и принимают нагрузки от четырех опор РКН ;

- боковая тумба (рисунок 7). Эта тумба располагается по одну сторону (с края) от спаренных боковых блоков и воспринимает вертикальные нагрузки при помощи одного ОЗУ от двух опорных точек РКН;

- тумба с устройством направления (рисунок 8). Эта тумба воспринимает как вертикальные нагрузки от РКН посредством ОЗУ, так и сдвигающие нагрузки при помощи встраиваемого устройства направления (УН). Она располагается по одну сторону (с края) от спаренных доковых блоков РКН.

Тумбы представляют собой листосварные конструкции с основным несущим элементом в виде трубы, которая снизу и сверху подкреплена силовым набором в виде листов, а также в верхнюю часть трубы помещена

бобышка в которой расположено ОЗУ. В трубах, а также в поперечных переборках сделаны технологические отверстия с отбортовками для доступа и обслуживания ОЗУ.

Предложенный подход к формированию облика ПУ для РКН с ССБ применим и к другим ракетам этого семейства. Так, для РКН с четырьмя боковыми блоками общий вид стартовой системы может быть таким, как приведен на рисунке 9.

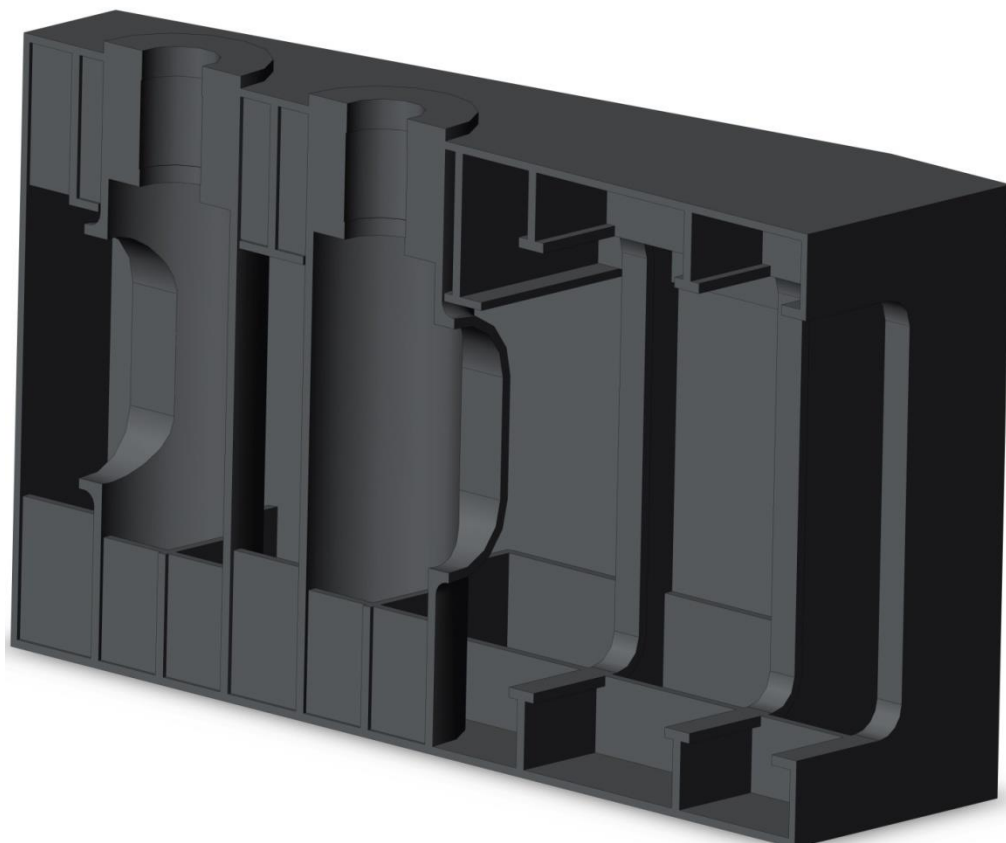


Рисунок 6 – Конструкция центральной тумбы

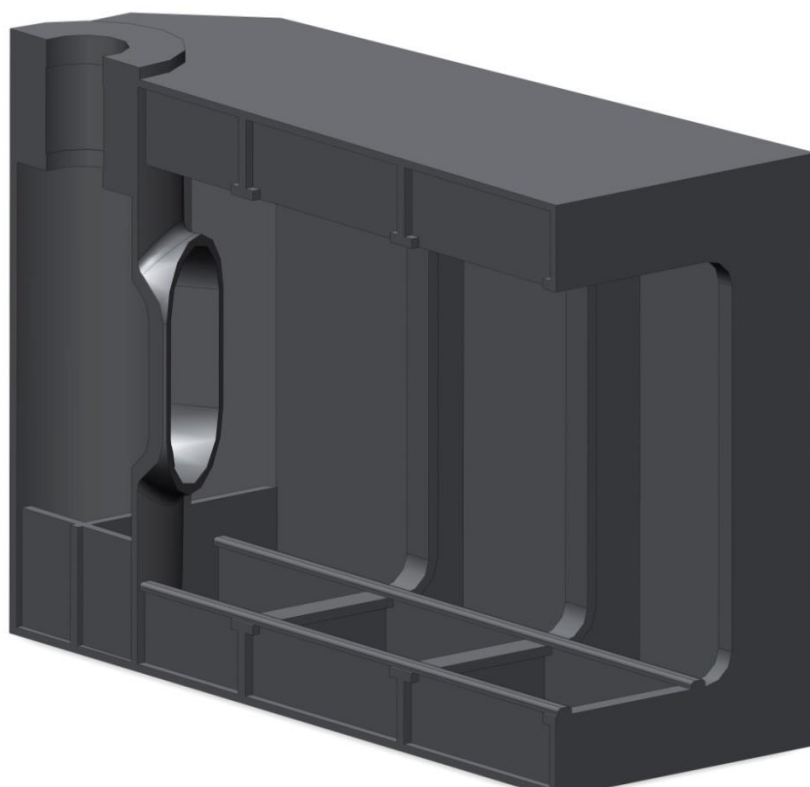


Рисунок 7 – Конструкция боковой тумбы

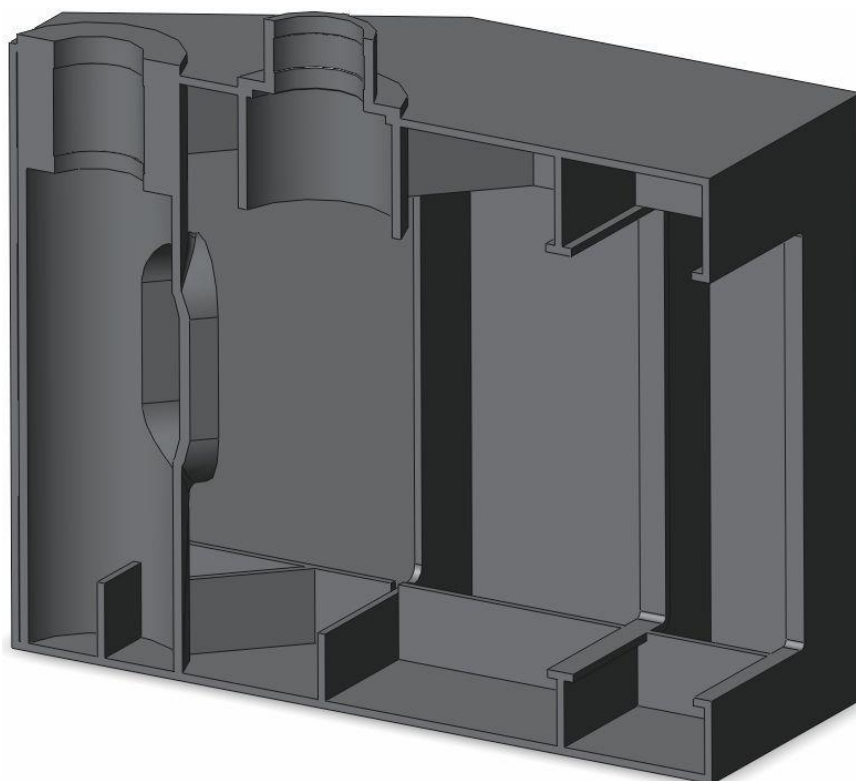


Рисунок 8 – Конструкция тумбы с устройством направления

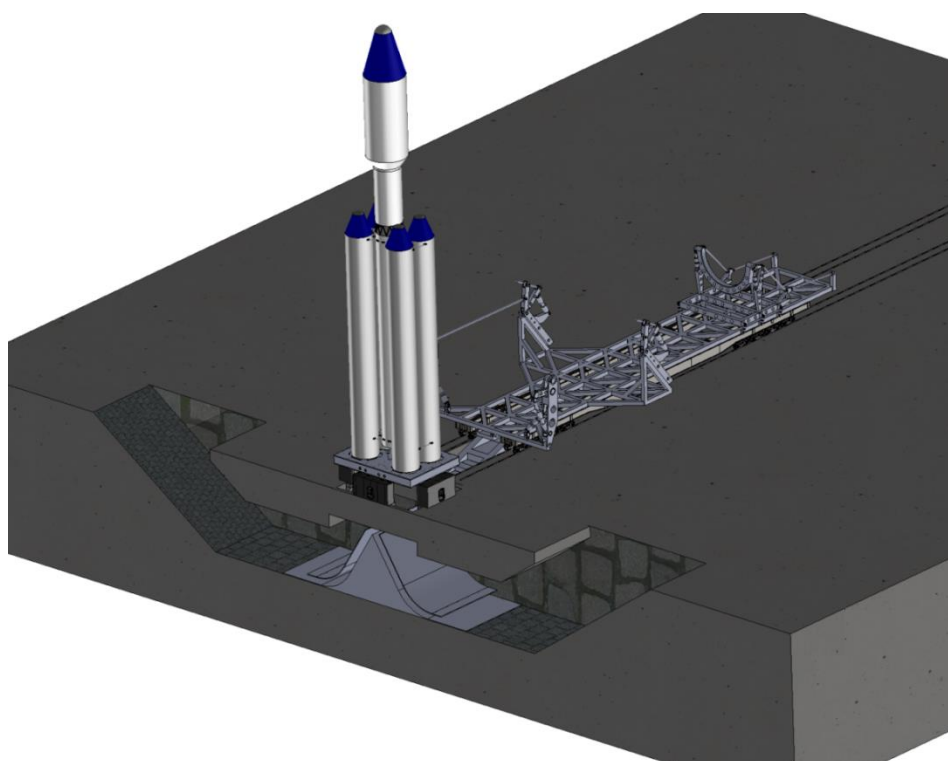


Рисунок 9 – Общий вид стартовой системы для РКН с четырьмя боковыми блоками

Как и в приведенном выше варианте, ПУ для РКН с четырьмя блоками может состоять из силовых тумб (рисунок 10). Как можно видеть на рисунке силовые тумбы трех различных типов. А именно:

- тумба с УН (рисунок 11) с двумя ОЗУ и двумя УН. Она воспринимает вертикальные и сдвигающие нагрузки от РКН и ССБ;
- боковая тумба (рисунок 12) с тремя ОЗУ. Она воспринимает только вертикальные нагрузки от РКН и ССБ;
- тумба без УН (рисунок 13) с двумя ОЗУ. Она воспринимает только вертикальные нагрузки от РКН и ССБ ;

Для РКН с двумя боковыми блоками состав ПУ может быть таким, как на рисунке 14.

Она состоит из 6 силовых тумб двух различных типов. А именно, двух силовых тумб с одним ОЗУ и УН (рисунок 15), а также четырех силовых тумб с одним ОЗУ (см. рисунок 16).

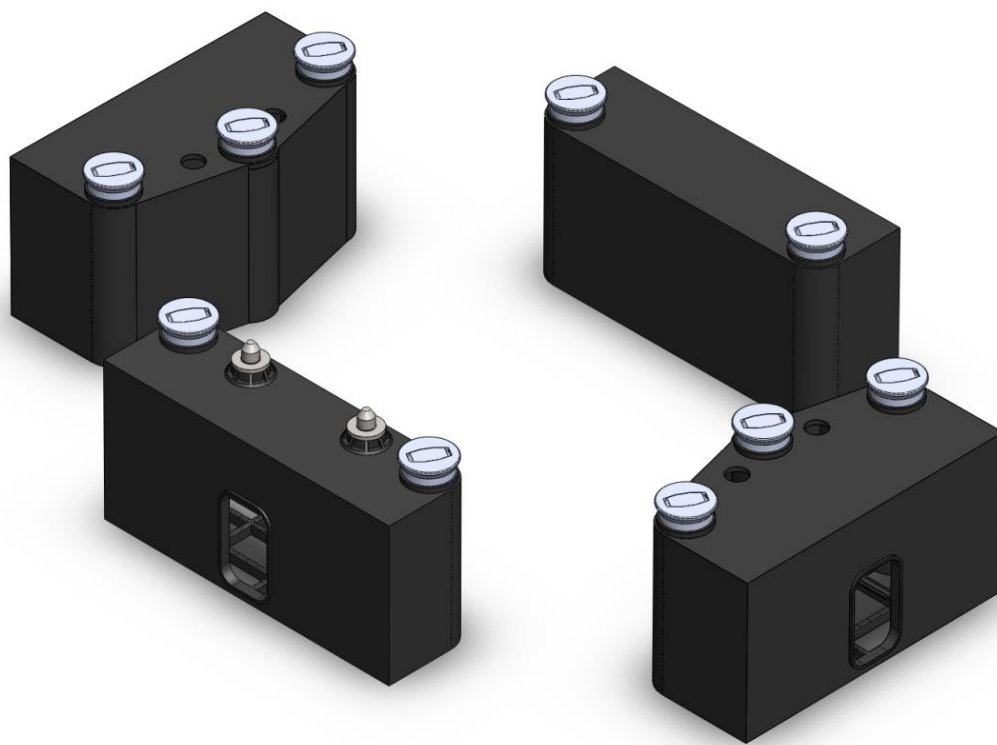


Рисунок 10 – Общий вид ПУ для РКН с четырьмя боковыми блоками

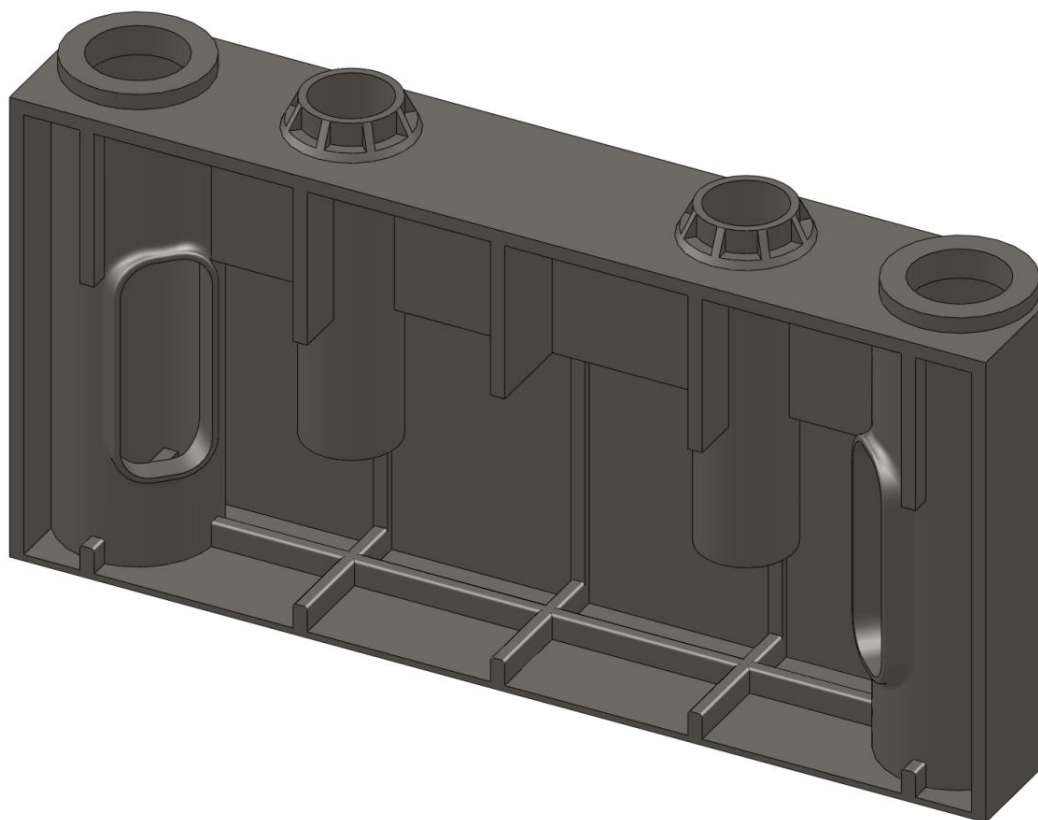


Рисунок 11 – Конструкция тумбы с УН

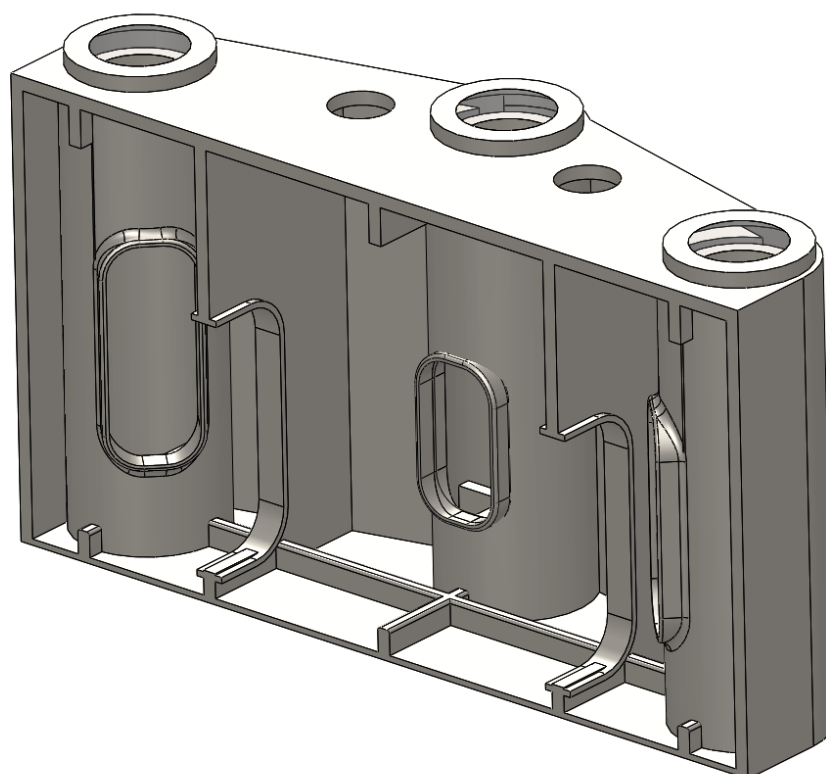


Рисунок 12 – Конструкция боковой тумбы

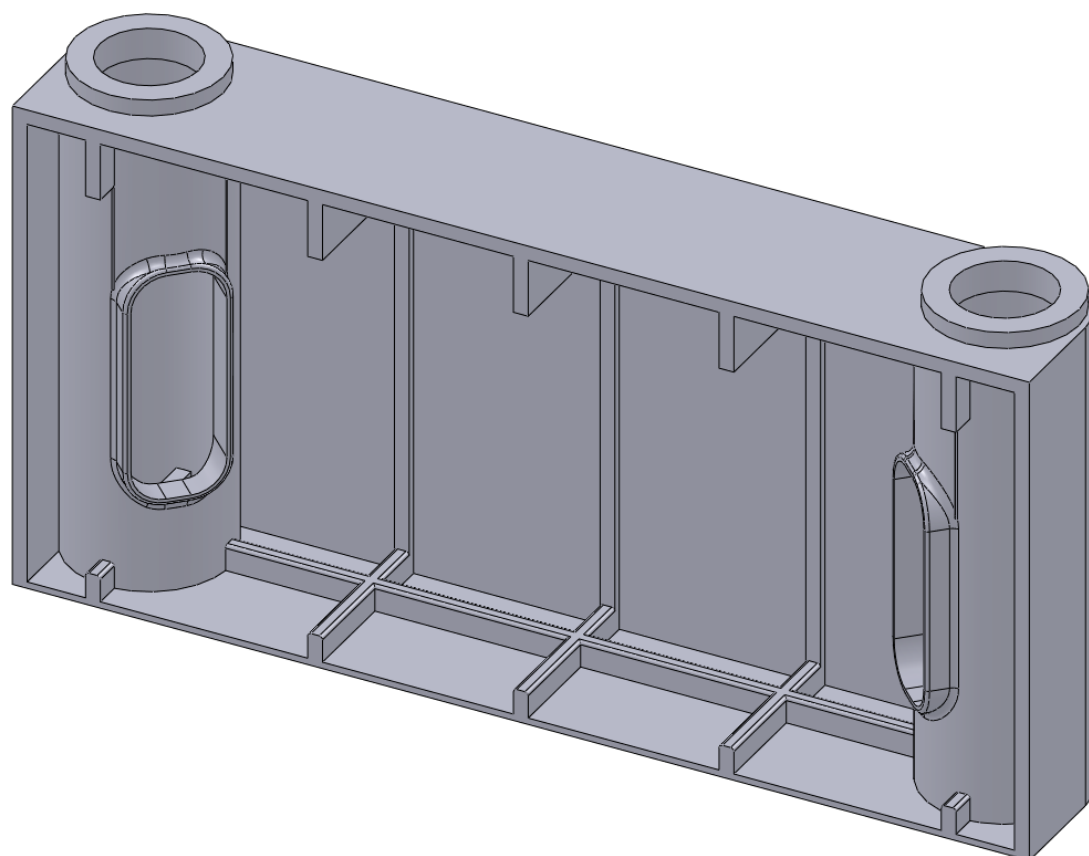


Рисунок 13 – Конструкция тумбы без УН

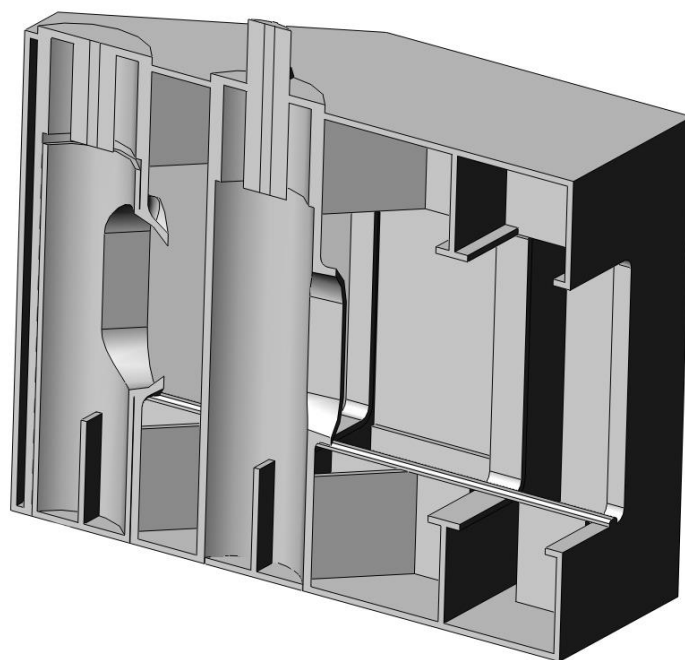
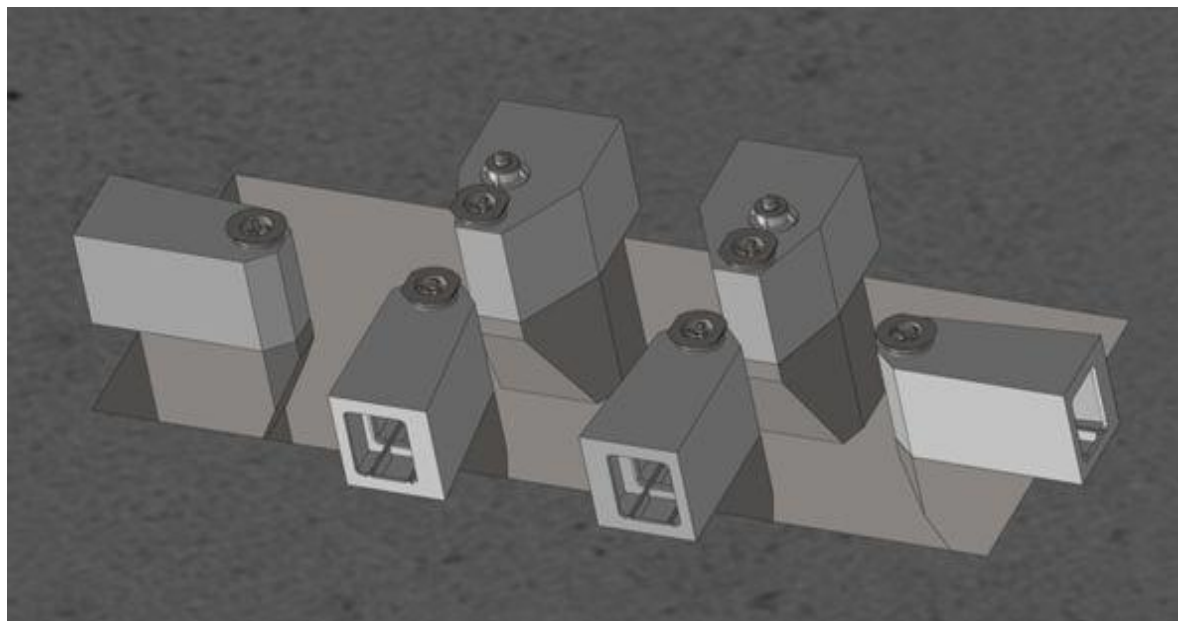


Рисунок 14 – Общий вид ПУ для РКН с двумя боковыми блоками

Рисунок 15 – Конструкция силовой тумбы с УН

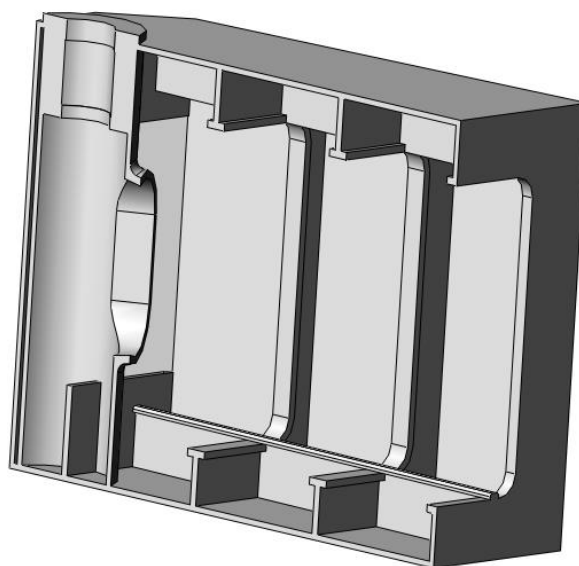


Рисунок 16 – Конструкция силовой тумбы без УН

Приведенные выше материалы показывают, что облик ПУ для РКН с ССБ может быть реализован комплектом силовых тумб без введения силовой рамы.

Такая компоновка ПУ накладывает особые требования к прочности и жесткости конструкции ССБ. В работе /3/ рассмотрен вопрос моделирования и расчета напряженнодеформированного состояния металлоконструкции ССБ при его эксплуатации. Показано, что конструкция ССБ может удовлетворять предъявленным требованиям.

Проведенные расчеты представленных схем силовых тумб показали, что при соответствующем конструкторском исполнении все они обладают необходимой прочностью и жесткостью.

Литература

1. Бармин И.В., Зверев В.А., Украинский А.Ю., Чугунков А.Ю., Языков А.В. Обоснование некоторых основных характеристик стартового оборудования космодромов XXI века // Актуальные проблемы развития ракетно-космической техники и систем вооружения: 75 лет факультету «Специальное машиностроение»: сб.ст. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. С. 215-227.
2. Ракетные новинки МАКС-2009. «Новости Космонавтики» №11 2009г. стр. 54-58.
3. Ульяненок А.В., Иванов М.Ф. Исследование напряженно-деформированного состояния стартово-стыковочного блока для перспективной ракеты тяжелого класса. Инженерный вестник. 2014. № 12. С. 14.