

Лекция № 22

Тема: Выбор проектных параметров отдельных объектов наземной космической инфраструктуры

22.1 Транспортно-установочный агрегат

Характеристики ЛА: масса, длина, диаметр, координаты центра масс, допустимые нагрузки, места крепления ЛА на стреле.

Если транспортный агрегат задан, то в исходных данных приводятся его **технические характеристики:** масса, грузоподъемность, распределение массы по осям, тип двигателя и т. д., в противном случае транспортный агрегат выбирается из числа выпускаемых промышленностью либо проектируется специально.

Выбор конструктивно-компоновочной схемы транспортно-установочного агрегата при проектировании осуществляется методом последовательных приближений. Основными при расчете элементов ТУА в первом приближении считаются сосредоточенные нагрузки от действия ЛА, а также ветровые и инерционные нагрузки.

В качестве расчетной схемы выбирается балка, имеющая количество опор, равное количеству осей ТУА. Напряжения, возникающие в i -м сечении:

$$\sigma = \frac{M_{pi}}{W_i} \leq [\sigma]; \quad (22.1)$$

Прогиб рамы δ_n может быть определен как:

$$\delta_n = \frac{M_{\phi_i}}{E \cdot l_i} \quad (22.2)$$

Оптимальный прогиб должен отвечать условию:

$$\frac{\delta}{L} \leq \delta_{\partial}^{отн} \quad (22.3)$$

На основании прочностного расчета выбираются основные Размеры рамы и материал, из которого она изготавливается, а затем осуществляется расчет массы рамы по формуле:

$$M_p = \sum_{j=1}^n S_j \cdot l_j \cdot \rho_j \quad (22.4)$$

Масса рамы обычно составляет 45 – 55% общей массы рамы и колесного хода. Поэтому при оценочных расчетах можно считать, что масса колесного хода ТУА определяется как:

$$M_{кх} = (0,85...1,2) \cdot M_p \quad (22.5)$$

Подбор сечения балок стрелы производится по формуле:

$$W = \frac{M}{[\sigma]}, \quad (22.6)$$

где $W = \frac{B \cdot H^2 - b \cdot h^2}{6 \cdot H}$ – для двутаврового профиля.

Масса стрелы указанной конструкции найдется по формуле:

$$M_{стр} = 2 \cdot L \cdot H \cdot (B \cdot H - b \cdot h) \cdot \rho \cdot K \quad (22.7)$$

Масса гидросистемы ТУА может быть определена с помощью зависимости:

$$M_{гс} = 29,4 \cdot \left(\frac{P \cdot D_{гд}^2}{100} \right)^{0,43} \cdot n_{гд}^{0,24} \quad (22.8)$$

Масса электросистемы ТУА аппроксимируется зависимостью:

$$M_{эс} = 3,99 \cdot \left(\frac{P \cdot D_{2\partial}^2}{100} \right)^{0,74} \cdot n_{2\partial}^{0,7}. \quad (22.9)$$

Масса подвижных опор транспортно-установочного агрегата приближенно составит:

$$M_{ПО} = 0,035 \cdot M_{ТУА} \quad (22.10)$$

где $M_{ТУА}$ – масса ТУА без ходовой части, помещений и опор.

Масса помещений подвижного агрегата ТУА оценивается зависимостью:

$$M_{ППА} = 0,0314 \cdot M_{ТУА}. \quad (22.11)$$

Коэффициент массы вспомогательных элементов, расположенных по стреле установщика:

$$K_{вэ} = \frac{M_{вэ}}{M_{мг}} = 2,2 \cdot 10^{-3} \quad (22.12)$$

22.2 Башня обслуживания

Основное назначение башни обслуживания – обеспечение предстартовой подготовки ЛА при нахождении его в вертикальном положении на ТП и СП. Башни обслуживания могут быть как передвижными, так и стационарными.

Масса одной площадки определяется по формуле:

$$M_{nl}^i = K_{nl} \cdot \sqrt[3]{\frac{I_{nl} \cdot (M_n + M_{mc} + M_{nl}^{i-1})}{\sigma_m}} \cdot S_{nl} \cdot \gamma_{nl} \quad (22.12)$$

Масса лифтов оценивается зависимостью:

$$M_l = K_l \cdot n_l \cdot H_k \cdot M_{nl} \quad (22.13)$$

Масса стреловых кранов зависит от грузоподъемности и вылета стрелы:

$$M_{kc} = 0,28 \cdot M_{zl} \cdot B_{kf} \quad (22.14)$$

Суммарная масса электрогидросистем башни обслуживания:

$$M_{\text{зэс}} = K_{\text{зэс}} \cdot M_{\text{БС}} \quad (22.15)$$

Диаметр колеса нестационарной тележки можно определить по формуле:

$$D_K = K_K \cdot \sqrt{\frac{M_{\text{БО}}}{n_{\text{кол}}}} \quad (22.16)$$

Ширина межколесного просвета (для многоколонных БО):

$$l_{\text{БО}} = D_{\text{П}} + 5,2 \text{ [м]} \quad (22.17)$$

Высота башни обслуживания определяется длиной ЛА и составляет:

$$H_{\text{БО}} = L_{\text{ЛА}} + 7 \text{ [м]} \quad (22.18)$$

22.3 Монтажно-испытательный комплекс

Монтажно-испытательный корпус является основным сооружением ТП. Он предназначен для размещения специального оборудования, обеспечивающего прием с заводов-изготовителей ступеней, блоков и отдельных узлов ЛА, их разгрузку, расконсервацию, хранение, горизонтальную или вертикальную сборку, автономные и комплексные испытания, проверку на герметичность, пристыковку космических объектов и перегрузку на транспортно-установочный агрегат. В монтажно-испытательном корпусе в зависимости от его размеров и класса ЛА можно собирать и испытывать один или несколько аппаратов.

Исходными данными для проектирования МИК являются: габариты ЛА и его расположение (вертикальное или горизонтальное); расположение и габариты технологического оборудования; количество подъемных кранов, их грузоподъемность и режим работы; рельеф местности и структура грунта (гидрологические требования); условия эксплуатации МИК (освещение, температурно-влажностный режим).

При выборе конструктивной схемы МИК решаются следующие вопросы:

- a) планируется размещение колонн здания в плане, расстояние между которыми B_n должно быть кратно 6 м;
- b) выбирается схема поперечной рамы;
- c) устанавливаются внутренние габариты здания;
- d) определяются размеры основных конструктивных элементов каркаса;
- e) komponуется конструкция подкрановых путей.

Наименьшая высота при горизонтальной сборке определяется максимальным диаметром ЛА:

$$h_1 = 3,5 \cdot D_m + 2 \text{ [м]}, \quad (22.19)$$

где D_m – максимальный диаметр ЛА.

Высота МИК от пола до строительных ферм определяется выражением:

$$H = h_1 + h_2 \quad (22.20)$$

где $h_2 = h_k + \alpha + 0,1 \text{ [м]}$.

Размер верхней части колонны равен сумме следующих слагаемых:

$$h_в = h_{нб} + h_p + h_2 \quad (22.21)$$

Размер нижней части колонны:

$$h_н = H - h_в + h_{зг} \text{ [м]} \quad (22.22)$$

Ширина верхней части колонны должна быть не меньше

$$b_в = \frac{1}{12} \cdot h_в \quad (22.23)$$

Ширина нижней части колонны выбирается из условия

$$b_н \geq \left(\frac{1}{15} \dots \frac{1}{20} \right) \cdot h, \quad (22.24)$$

где $h = h_н + h_в$

Расчетный пролет рамы определяется из выражения:

$$B_n^p = B_n + 2 \cdot a, \quad (22.25)$$

Наибольшее давление колеса крана на рельс:

$$P_{\max} = 0,38 \cdot (Q + M \cdot g_{кр}), \quad (22.26)$$

где Q – грузоподъемность мостового крана: $Q = G_n \cdot n_{кр}$

Масса мостового крана зависит от грузоподъемности и определяется выражением:

$$M_{кр} = 0,37 \cdot M_{эл}^{0,57} \cdot B_{кр}^{0,68}, \quad (22.27)$$

где $M_{эл} = \frac{Q}{g}$;

$B_{кр} = B_n + 2 \cdot a$ – длина пролета мостового крана, м.

Масса тележки мостового крана:

$$M_{мк} = 1,18 \cdot M_{кр}^{0,7}. \quad (22.28)$$

Высота строительной фермы выбирается из условия:

$$h_{\phi} = (0,14 \dots 0,1) \cdot L_{\phi}, \quad (22.29)$$

где L_{ϕ} – длина строительной фермы.