

9 ЛЕКЦИЯ

Основы проектирования металлоконструкции. Анализ процессов неустановившегося движения. Предохранительные устройства ГПМ.

Основы проектирования металлоконструкции

В металлоконструкциях грузоподъёмных машин применяют:

- балочные несущие элементы (нагрузка прикладывается на пролёте и консолях – работают главным образом на изгиб) непосредственно из прокатного профиля или с усилением шпренгелем (дополнительная стержневая система), коробчатой формы;
- ферменные (нагрузка передается через узлы, и стержни работают на растяжение и сжатие) решетчатые трёх- или четырёхгранные;
- комбинированные.

В инженерной практике при рассмотрении устройств допускают упрощения, в которых сохраняется физическая сущность нагружения и результат расчёта имеет приемлемую точность. Так, нагрузку в ферменной конструкции, рассредоточенную по длине стержня или действующую между узлами, распределяют между последними пропорционально отношению плеч; пространственную металлоконструкцию расчленяют на отдельные части и каждую из них рассматривают под действием сил в соответствующих плоскостях; при определении усилий в стержнях фермы сварные или заклёпочные соединения последних в узлах считают шарнирами, а конструкцию в целом – геометрически неизменяемой. Расчёт ведут на статическую прочность по наибольшим напряжениям при варианте работы “с подхватом груза” – то есть предусматривают неблагоприятную возможность начальной выборки каната входную и возникающую инерционно-ударную составляющую, вводя для веса груза коэффициент динамичности $\psi \geq 1$: Для режимов М1...М4; М5; М6,М7 и М8,М9 соответственно 1,2; 1,3; 1,4 (по ранее действующим положениям режимы Л лёгкий, С средний, Т тяжёлый и ВТ весьма тяжёлый).

Опорные реакции и усилия в элементах находят методами теоретической механики.

Расчёт на прочность стержней выполняют на растяжение или сжатие, балок и колонн – на изгиб или совместное действие нагрузок, при конструировании необходимо обеспечить центральность приложения нагрузки, закладывая симметричность сечения (спаренные профили).

Материал несущих элементов – обычно сталь Ст3, при необходимости снижения веса применяют малолегированные стали.

Значения допускаемых напряжений (сталь Ст3) назначают с учётом вида деформации и режима работы :

растяжение и изгиб, режим М1...М4; М5 $[\sigma] = 160 \text{ Н/мм}^2$, при более тяжёлых режимах $[\sigma] = 140 \text{ Н/мм}^2$;

срез $[\tau] = 0,6 [\sigma]$;

сжатие – вводят к допускаемым напряжениям растяжения (или площади сечения) понижающий коэффициент $\phi \leq 1$ (не путать с коэффициентом динамичности $\psi \geq 1$), зависящий от гибкости

$$\lambda = \mu \cdot l / r_{\min} \leq [\lambda] = 120$$

где μ – учитывает способ заделки (для стержней – 1, консольная балка – 2);

l – длина стержня, мм;

$r_{\min} = \sqrt{I_{\min}/A}$ – минимальный радиус инерции, мм;

I_{\min} – наименьший момент инерции сечения, мм⁴;

A – площадь сечения, мм²;

Расчёт выполняют методом последовательных приближений – по гибкости не выше допускаемой и длине находят r_{\min} , принимают сечение и производят проверку на прочность по силе сжатия $F_{сж}$, Н:

$$\sigma_{сж} = F_{сж} / (\varphi \cdot A) \leq [\sigma] \text{ Н/мм}^2$$

При необходимости вводят коррективы – меняют сечение, ставят в конфигурацию фермы дополнительные стержни... .

При совместном действии изгибающего момента $M_{и}$, Н·мм и растягивающей силы $F_{р}$, Н или сжатия $F_{сж}$, Н размеры сечения предварительно находят из расчёта на изгиб, определяя осевой момент сопротивления $W_{предв}$, мм³:

$$W_{предв} = M_{и} / [\sigma]$$

Принимают несколько больший профиль и по действительной площади сечения A и моменту сопротивления W производят проверку на прочность по суммарному напряжению:

$$\sigma = \sigma_{и} + \sigma_{р} = M_{и} / W + F_{р} / A \leq [\sigma] \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma = \sigma_{и} + \sigma_{сж} = M_{и} / W + F_{сж} / (\varphi \cdot A) \leq [\sigma] \text{ Н/мм}^2$$

При более сложном нагружении расчёт ведут по приведённой нагрузке или эквивалентным напряжениям.

Ручная сварка несущих элементов – электродами не ниже Э42.

При разработке поворотных устройств ориентируются на аналогичные, хорошо себя зарекомендовавшие конструкции. С учётом малого числа поворотов подшипники качения выбирают по статической грузоподъёмности C_0 , Н, подшипники скольжения считают по удельному давлению $p \leq [p] \text{ Н/мм}^2$.

Анализ процессов неустановившегося движения

Работа ГПМ носит ярко выраженный циклический характер с разгоном механизмов от неподвижного состояния до установившейся скорости и торможения от установившейся скорости до полной остановки.

В период разгона двигатель (а при торможении – тормоз) преодолевает как статическое нагружение, так и инерцию вращающихся и поступательно движущихся масс.

Согласно принципа Даламбера уравнение приведённых к ведущему валу вращающихся моментов при разгоне будет:

$$M_{разг} = \pm M_{ст}^{разг} + M_{дин}^{разг} \quad (1)$$

Знак «+» или «-» зависит от протекающего процесса. Если действие статического нагружения не способствует развитию процесса, то в начальном

уравнении имеем «+». Например, если груз поднимаем, то вес груза не способствует разгону и в уравнении будет «+». При опускании вес груза способствует разгону и будет «-». Аналогично разбираются и другие механизмы.

При торможении:

$$M_{\text{торм}} = \pm M_{\text{ст}}^{\text{торм}} + M_{\text{дин}}^{\text{торм}} \quad (2)$$

При опускании груз не способствует торможению, соответственно в уравнении будет «+».

С достаточной для инженерной практики точностью можно принять, что момент разгона $M_{\text{разг}}$, тормозной момент $M_{\text{торм}}$, статический момент сопротивления $M_{\text{ст}}$ – величины постоянные. Тогда динамический момент $M_{\text{дин}}$ от инерции масс также величина постоянная и имеет место равноускоренное при разгоне и равнозамедленное при торможении движение:

$$M_{\text{дин}} = J \frac{\omega}{t}$$

где J – приведённый момент инерции вращающихся и поступательно движущихся масс, кгм^2 ;

$\frac{\omega}{t}$ – угловое ускорение, с^{-2} ;

ω – угловая скорость установившегося движения, с^{-1} ;

t – время разгона или торможения, с .

В механизмах ГПМ за приведённый вал принимают вал двигателя, ему присваивают индекс «1» и на этом валу, как правило, устанавливают и тормоз.

С учётом вращающихся и поступательно движущихся масс:

$$J_{\text{пр1}} = J_{\text{пр вр1}} + J_{\text{пр пост1}}$$

Приведение моментов инерции и масс производят на основе закона сохранения энергии. Присваивая следующим валам от ведущего индекса 2, 3..., получим для вращающихся масс:

$$\frac{J_{\text{пр вр1}} \omega_1^2}{2} = \frac{J_1 \omega_1^2}{2} + \frac{J_2 \omega_2^2}{2} \xi_{12} + \frac{J_3 \omega_3^2}{2} \xi_{13} = \sum \frac{J_j \omega_j^2}{2} \xi_{1j}$$

где J_j – момент инерции вала «j», кгм^2 ;

ω_j – угловая скорость вала «j», с^{-1} ;

ξ_{1j} – фактор потерь от вала 1 до рассматриваемого вала «j».

Если трение способствует протеканию процесса, то $\xi_{1j} = \eta_{1j}$,

если не способствует, то $\xi_{1j} = 1/\eta_{1j}$;

η_{1j} – КПД кинематической цепи от вала 1 до вала «j».

Преобразуем последнее уравнение:

$$J_{\text{пр вр1}} = J_1 + \frac{J_2 \xi_{12}}{\left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2} + \frac{J_3 \xi_{13}}{\left(\frac{\omega_1}{\omega_3}\right)^2} + \dots = J_1 + \frac{J_2 \xi_{12}}{i_{12}^2} + \frac{J_3 \xi_{13}}{i_{13}^2} + \dots$$

где i_{1j} – передаточное отношение от вала 1 до вала «j».

Как вытекает из формулы, с удалением от вала 1 значение моментов инерции резко падает и в механизмах ГПМ (кроме механизма поворота крана) принимают:

$$J_{\text{пр вр1}} = \delta J_1$$

где δ – учитывает влияние вращающихся масс на остальных валах, в зависимости от механизма 1,1...1,25.

Масса m кг, поступательно движущаяся со скоростью v , м/с, обычно связана с последним звеном «п», тогда:

$$\frac{J_{\text{пр пост1}} \omega_1^2}{2} = \frac{mv_{\text{п}}^2}{2} \xi_{1\text{п}}$$

$$J_{\text{пр пост1}} = \frac{mv_{\text{п}}^2}{\omega_1^2} \xi_{1\text{п}}$$

Преобразуем:

$$M_{\text{дин}} = J_{\text{пр1}} \frac{\omega_1}{t} = \frac{1}{t} (J_{\text{пр вр1}} \omega_1 + J_{\text{пр пост1}} \omega_1) =$$

$$= \frac{1}{t} \left(\delta J_1 \omega_1 + \frac{mv_{\text{п}}^2}{\omega_1^2} \xi_{1\text{п}} \omega_1 \right) = \frac{1}{t} \left(\delta J_1 \frac{\pi n_1}{30} + \frac{mv_{\text{п}}^2}{\frac{\pi n_1}{30}} \xi_{1\text{п}} \right) =$$

$$= \frac{1}{t} \left(\frac{\delta J_1 n_1}{9,55} + \frac{9,55 mv_{\text{п}}^2}{n_1} \xi_{1\text{п}} \right)$$

(Иногда вместо момента инерции $J = mr^2$, кгм², применяют маховой момент GD^2 , кгс·м², тогда $GD^2 \approx 4J$)

Определяя динамические моменты из уравнений 1 и 2 для соответствующих процессов неустановившегося движения, по последнему выражению можем найти время процесса и далее величину ускорения или замедления и пройденное расстояние.

Предохранительные устройства ГПМ

Для обеспечения безопасности при выполнении работ с грузами предусматривают:

- указатели грузоподъёмности, наклона крана, высоты подъёма, вылета стрелы, положения тележки с канатной тягой;
- ограничители грузоподъёмности, выключающие механизм при попытке подъёма груза с превышающей её массой;
- конечные выключатели при подходе груза, стрелы, тележки и самого крана к крайним положениям;
- ограничители перекоса, которые отключают механизмы передвижения при недопустимом забеге одной из опор;
- ловители в шахтных подъёмниках, исключающие самопроизвольное опускание;
- противоугонные устройства для обеспечения неподвижности неработающего крана (фиксаторы, связывающие кран со стойкой; остановки, удерживающие колёса; рельсовые захваты за упоры на концах рельсового пути).

Приборы безопасности пломбируются после изготовления, ремонта, наладки ответственными специалистами в целях исключения доступа к ним посторонних лиц.

Оградительные средства защиты применяют для исключения доступа к находящимся в движении или под напряжением электрического тока частям ГПМ. Ограждают все виды передач (зубчатые, цепные и т. п.), соединительные муфты и барабаны, расположенные вблизи рабочего места крановщика или в проходах, валы механизма передвижения кранов и других систем (если последние расположены в местах, предназначенных для прохода обслуживающего персонала). Ограждению подлежат также открытые токоведущие части.

ВНИМАНИЕ

Материал лекции прорабатывается и дополняется по источникам, приведённым в «Детали машин» (**программные вопросы по разделу «Подъёмно-транспортные машины»**) *для студентов очного обучения*. Не исключаются и другие источники, в том числе и ИНТЕРНЕТ, как добавление.

Проработка подтверждается представлением письменных ответов на вопросы 58,60,61 вышеупомянутых ... **программные вопросы по разделу**

Ответы рукописные, выполняются на листах формата А4 (по «зёбре» с шагом 1 см или листы в клетку) **аккуратно и разборчиво**, ориентация книжная. Все поля по 20 мм (можно писать с обеих сторон листа) . *На левом поле каждого листа вдоль по центру указывается группа, фамилия и дата написания (лист повернуть, чтобы поле оказалось вверху)*. Обязательно записывается вопрос, затем приводится ответ. Листы нумеруются, соединяются скрепкой и представляются на занятиях и консультации (во время карантина сдаются лаборанту, ауд. 310). Срок сдачи – конец следующей недели после лекции по расписанию.

Ответы следует сопровождать рукописными схемами и рисунками в карандаше, при необходимости можно заимствовать сложные фигуры из ИНТЕРНЕТА с рукописным добавлением позиций с наименованиями непосредственно на поле рисунка.

ВАША оценка будет складываться как суммарная, в том числе регулярность работы, полнота и качество ответов, тестирование, выполнение расчётов... . Успеха в учёбе!