

Дата **27.02.2023** Группа ХКМ 2/1. Курс 2. Семестр IV

Дисциплина: Техническая механика

Специальность: 15.02.06 «Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)»

Тема занятия: Построение эпюр в случае приложения пары сил

Цель занятия:

–методическая– совершенствование методики проведения лекционного занятия; сочетание инновационных методов обучения с традиционной методикой преподавания;

–учебная– дать представление студентам об эпюрах поперечных сил и изгибающих моментов в случае приложения пары сил;

–воспитательная– воспитывать культуру общения с использованием специальной терминологии, усидчивость, внимательность, графические и аналитические способности, чувство гордости за выбранную профессию.

Вид занятия: лекция

Междисциплинарные связи:

Обеспечивающие: Инженерная графика, Физика, Математика

Обеспечиваемые: Техническая механика, Детали машин, Курсовое и дипломное проектирование,

Обеспечение занятия:

Техническое:

Методическое: иллюстративный раздаточный материал.

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1. Никитин Е.М. Теоретическая механика для техникумов. М.: Высшая школа, 2014
2. Олофинская В.П. Техническая механика. Сборник тестовых заданий. – Москва, Форум, Инфра М, 2014.
3. Аркуша А.И. Техническая механика. – Москва, Высшая школа, 2013.

Дополнительная литература:

1. Аркуша А.И. Руководство к решению задач по теоретической механике. - М.: Высшая школа, 2012.

Тема: Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов в случае приложения пары сил

1. Основные правила построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов в случае приложения равномерно распределенной нагрузки.

2. Примеры решения задач

1. Основные правила построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов в случае приложения равномерно распределенной нагрузки

Теоретические предпосылки и указания к построению эпюр.
Правила знаков для Q и M , проверки построения эпюр.

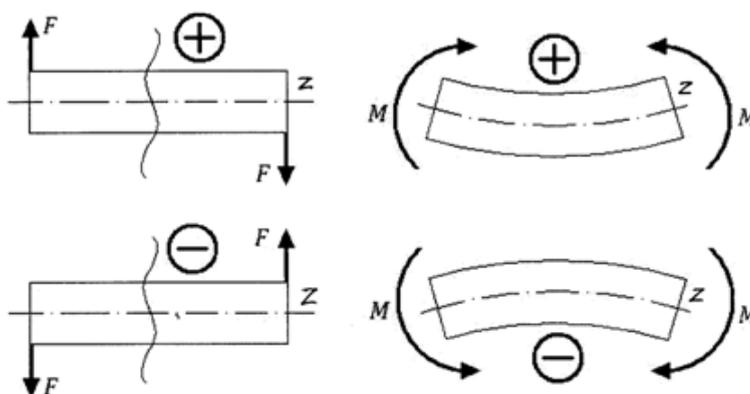
Как построить эпюры Q и M . При прямом поперечном изгибе в поперечных сечениях балки возникает два внутренних силовых фактора – поперечная сила Q_y и изгибающий момент M_x . Для построения эпюр этих внутренних силовых факторов важно знать, чему они численно равны (определение) и правила знаков.

Поперечная сила, возникающая в сечении балки – это внутреннее усилие, равное алгебраической сумме проекций внешних сил, действующих по одну сторону от этого сечения на плоскость поперечного сечения.

Правило знаков. Положительная поперечная сила поворачивает рассматриваемую часть балки по часовой стрелке. (кратко – по часовой плюс, против – минус).

Изгибающий момент в сечении балки – это внутреннее усилие, равное алгебраической сумме моментов внешних сил, действующих по одну сторону от этого сечения, относительно центра тяжести сечения.

Правило знаков. Положительный изгибающий момент соответствует (т.е. вызывает) растяжению нижних волокон.



Правила знаков при определении поперечной силы и изгибающего момента

Для отыскания опасного сечения строят эпюры Q_y и M_x , используя метод сечения, либо метод характерных точек.

Эпюра – это график, показывающий изменение того или иного фактора по оси балки. Сечения расставляются на характерных участках, характерный участок балки – это участок между какими-либо изменениями. Изменения – это сосредоточенные силы или моменты, начало и конец распределенной нагрузки. Характерные точки – это точки, сколь-либо заметные на балке, т.е. точки приложения сосредоточенных сил, моментов и т.д.

Для того чтобы вычислить поперечную силу и изгибающий момент в произвольном сечении, необходимо мысленно рассечь плоскостью в этом месте балку и часть балки (любую), лежащую по одну сторону от рассматриваемого сечения, отбросить. Как правило, отбрасывают ту часть балки, которая представляется наиболее сложной. Затем по действующим на оставленную часть балки внешним силам надо найти искомые значения Q_y и M_x , причем знак их надо определить в соответствии с принятыми ранее правилами знаков.

При построении эпюры слева направо отбрасывается правая часть балки, а Q_y и M_x находятся по силам, действующим на левую часть. При построении эпюры справа налево, наоборот, отбрасывается левая часть, Q_y и M_x определяются по силам, действующим на правую часть балки.

Для построения эпюр проводят нулевые линии под изображением балки. Тогда каждому сечению балки соответствует определенная точка этой линии. **Положительные значения поперечных сил** откладывают в принятом масштабе перпендикулярно нулевой линии **вверх** от нее, **отрицательные — вниз.**

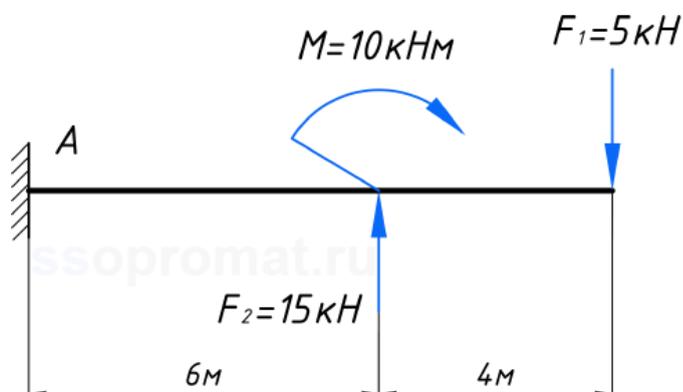
При построении эпюры M_x у **строителей** принято: ординаты, выражающие в определенном масштабе **положительные значения изгибающих моментов**, откладывать со стороны растянутых волокон, т.е. — **вниз**, а **отрицательные — вверх** от оси балки. У **механиков** **положительные значения и поперечной силы и изгибающего момента откладываются вверх.**

Найденные значения поперечной силы и изгибающего момента соединяют соответствующими линиями.

Построенные эпюры Q_y и M_x заштриховывают прямыми линиями, перпендикулярными нулевой линии. Каждый штрих таким образом характеризует значение внутреннего силового фактора Q_y или M_x , действующих в данном сечении балки. На эпюрах ставятся знаки.

2. Примеры решения задач

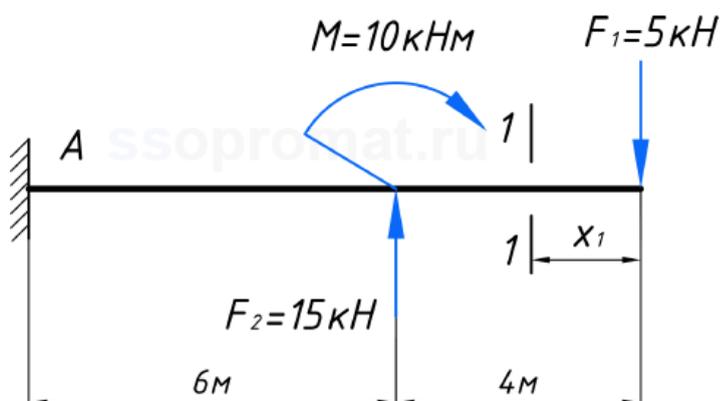
Задание 1. Построить эпюры изгибающих моментов и поперечных сил для заданной балки.



Будем рассчитывать балку справа налево.

Рассмотрим первый участок

Обозначим некоторое сечение 1-1 на расстоянии x_1 от свободного торца балки, при этом x_1 будет находиться в диапазоне: $0 \leq x_1 \leq 4\text{ м}$.



Так как расчёт выполняется справа налево, то в уравнениях необходимо учесть всю нагрузку, которая находится правее рассматриваемого сечения. Как видишь, на этом участке действует всего лишь одна сила F . Её и будем учитывать.

Поперечные силы на первом участке

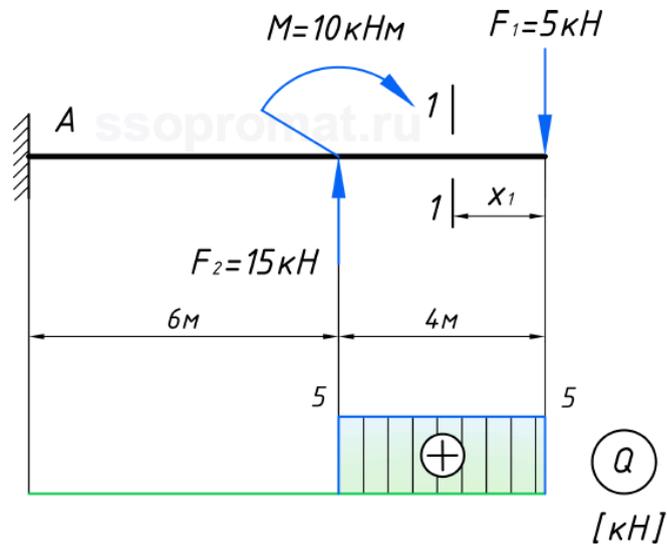
Сила F , относительно сечения 1-1, поворачивает ПО часовой стрелке, поэтому с учётом правила знаков, записываем её с «плюсом»:

$$Q_1 = F_1 = 5 \text{ кН}$$

Как видно, поперечная сила будет постоянна на первом участке:

$$Q_1 = F_1 = 5 \text{ кН} - \text{const}$$

Уже можем отразить это на эпюре поперечных сил:



Изгибающие моменты на первом участке

Теперь запишем уравнение для изгибающих моментов. Сила F растягивает верхние волокна, поэтому с учётом правила знаков, нужно учесть момент силы F со знаком «минус»:

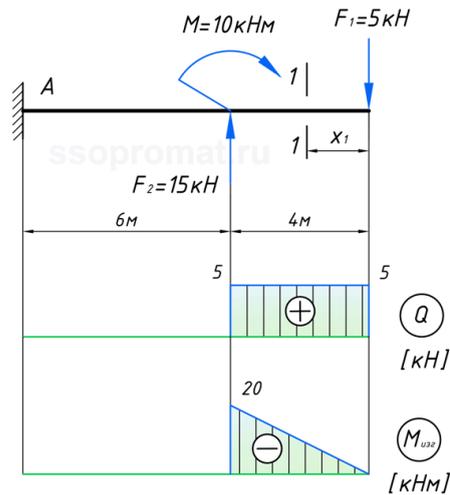
$$M_{\text{изг},1} = -F_1 \cdot x_1$$

Здесь уже изгибающие моменты будут меняться по линейному закону. Как я уже писал, чтобы построить эпюру изгибающих моментов на участке, нужно вычислить значения на границах участка:

$$M_{\text{изг},1}(0) = 0$$

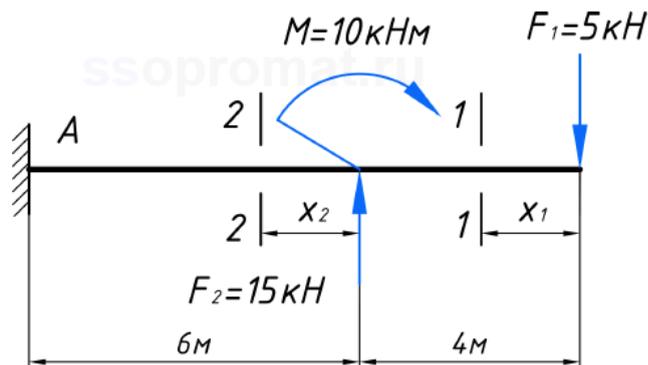
$$M_{\text{изг},1}(4\text{м}) = -5 \cdot 4 = -20 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Откладываем полученные значения:



Расчёт второго участка

Переходим ко второму участку. Также будем рассматривать некоторое сечение 2-2, на расстоянии x_2 от начала участка ($0 \leq x_2 \leq 6\text{ м}$). Здесь также нужно учесть ВСЮ нагрузку, которая находится справа от сечения 2-2.

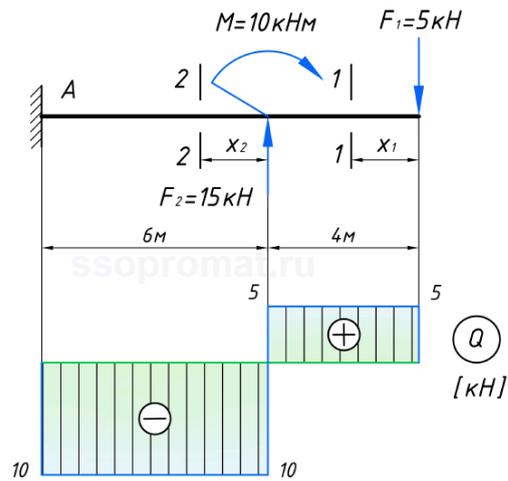


Поперечные силы на втором участке

Теперь на участке будут действовать 2 силы (сосредоточенный момент — M , никак не влияет на эпюру поперечных сил), учитываем их с учётом правила знаков:

$$Q_2 = F_1 - F_2 = 5 - 15 = -10 \text{ кН}$$

Теперь можем показать окончательную эпюру поперечных сил:



Изгибающие моменты на втором участке

Для изгибающих моментов, с учётом правила знаков, второе уравнение будет выглядеть следующим образом:

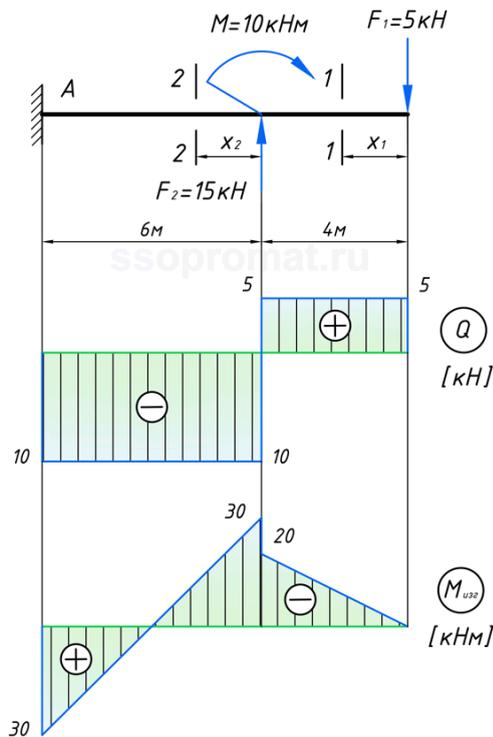
$$M_{\text{изг},2} = -F_1 \cdot (4 + x_2) + F_2 \cdot x_2 - M$$

Вычисляем значения на границах второго участка:

$$M_{\text{изг},2}(0) = -5 \cdot 4 - 10 = -30 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{изг},2}(6\text{м}) = -5 \cdot (4 + 6) + 15 \cdot 6 - 10 = 30 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Показываем окончательную эпюру изгибающих моментов:

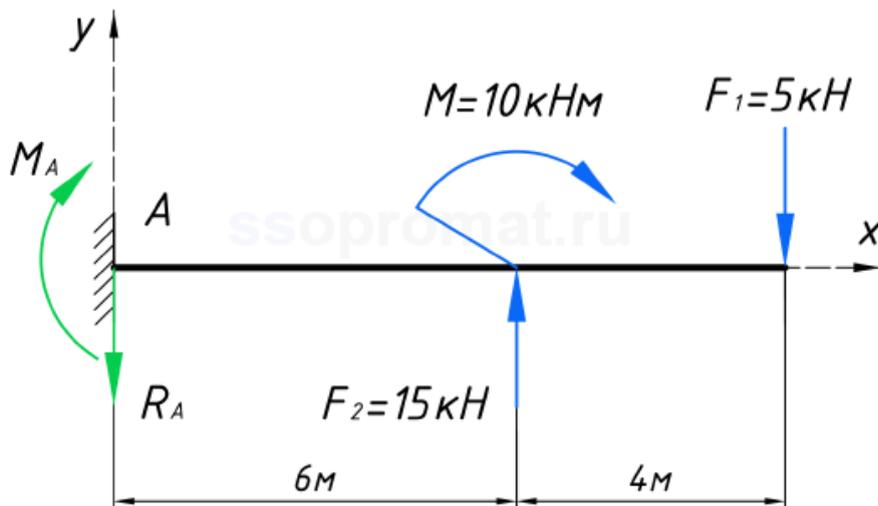


Проверка построенных эпюр

Балку можно рассчитать и слева направо. При этом очевидно, должны получаться те же эпюры. Давай проверим себя и рассчитаем эту балку с другой стороны.

Определение реакций в жёсткой заделке

Первым делом, нам потребуется определить реакции в заделке:



$$\Sigma m_A = -M_A - M + F_2 \cdot 6 - F_1 \cdot 10 = 0$$

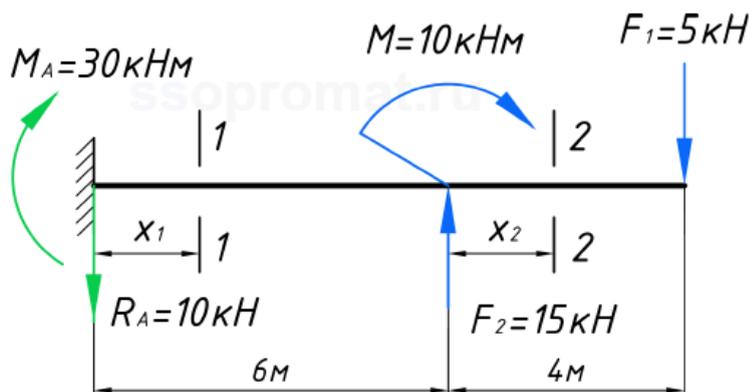
$$M_A = -M + F_2 \cdot 6 - F_1 \cdot 10 = \mathbf{30 \text{ кН} \cdot \text{м}}$$

$$\Sigma F_y = -R_A + F_2 - F_1 = 0$$

$$R_A = F_2 - F_1 = \mathbf{10 \text{ кН}}$$

Расчёт эпюр поперечных сил и изгибающих моментов

Рассчитываем все участки теперь слева направо:



Участок 1 ($0 \leq x_1 \leq 6\text{м}$)

$$Q_1 = -R_A = -10 \text{ кН}$$

$$M_{\text{изг},1} = -R_A \cdot x_1 + M_A$$

$$M_{\text{изг},1}(0) = 30 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{изг},1}(6\text{м}) = -10 \cdot 6 + 30 = -30 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Участок 2 ($0 \leq x_2 \leq 4\text{м}$)

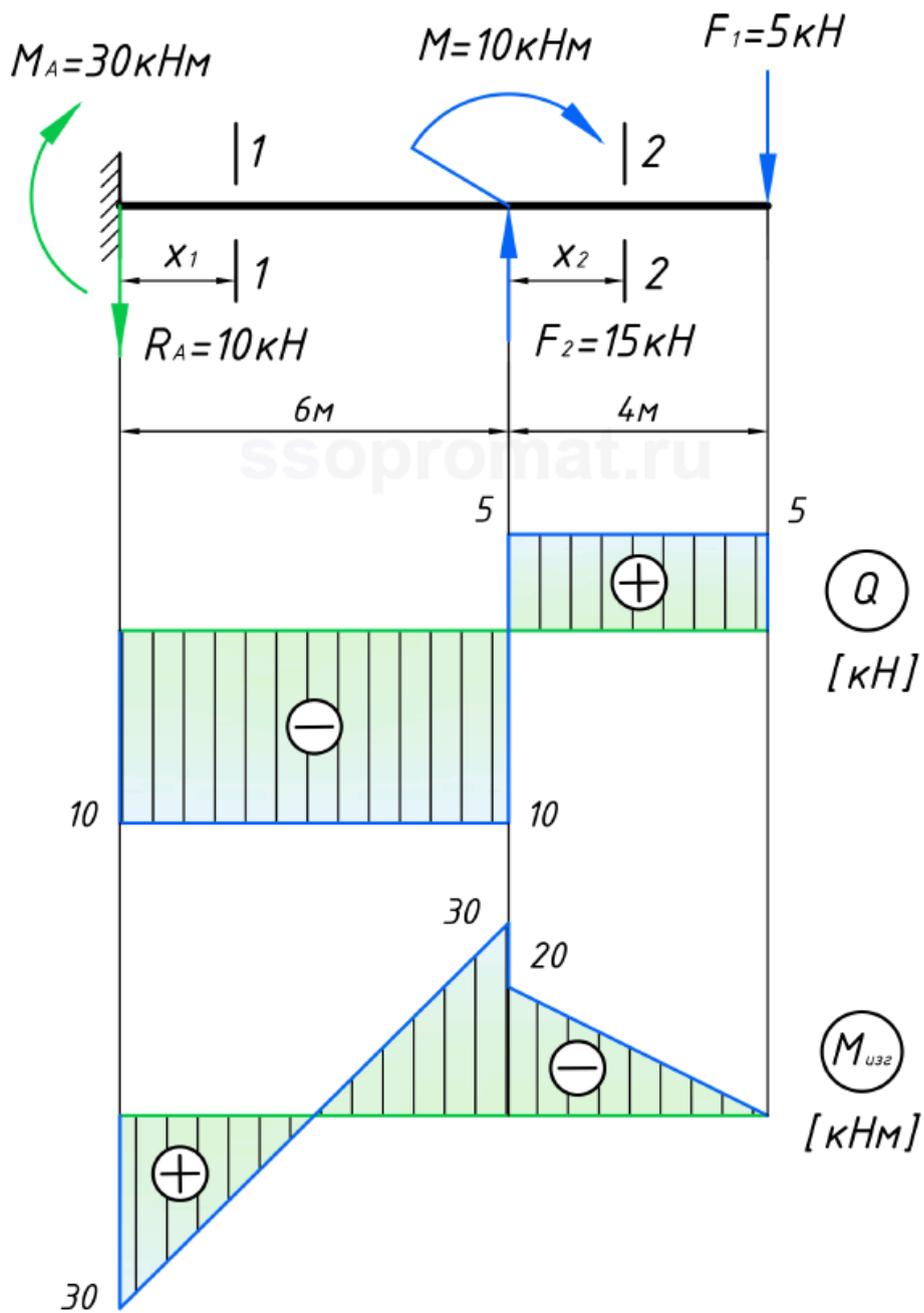
$$Q_2 = -R_A + F_2 = -10 + 15 = 5 \text{ кН}$$

$$M_{\text{изг},2} = -R_A \cdot (6 + x_2) + M_A + M + F_2 \cdot x_2$$

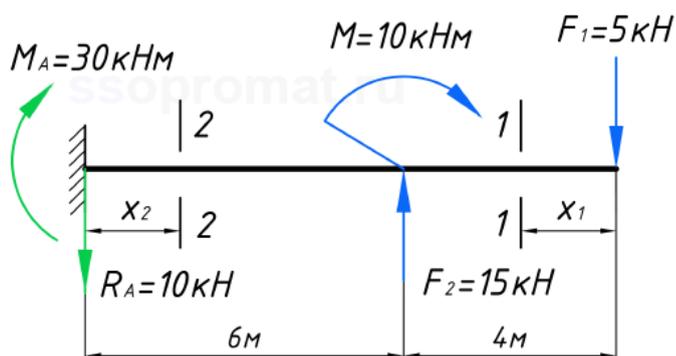
$$M_{\text{изг},2}(0) = -10 \cdot 6 + 30 + 10 = -20 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{изг},2}(4\text{м}) = -10 \cdot (6 + 4) + 30 + 10 + 15 \cdot 4 = 0$$

Ожидаемо, получили те же эпюры поперечных сил и изгибающих моментов:



Причём не обязательно считать все участки балки только слева направо или справа налево. Можно считать балку с разных сторон:



Контрольные вопросы

1. Что называется парой сил?
2. Правило знаков для поперечных сил?
3. Правило знаков для изгибающих моментов

Задание для самостоятельной работы

1. Ознакомиться с лекционным материалом
2. Письменно ответить на контрольные вопросы

Фотографию выполненной работы прислать в личном сообщении ВК <https://vk.com/id139705283>

На фотографии вверху должна быть фамилия, дата выдачи задания, группа, дисциплина. Например: «Иванов И.И, 27.02.23г., группа ХКМ 2/1, Техническая механика».