

6. ГОСТ 23457 – 86. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200003889>
7. ГОСТ Р 51256 – 99. Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Типы и основные параметры. Общие технические требования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200005174>
8. ГОСТ 12.1.004 – 91. Пожарная безопасность. Общие требования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/9051953>
9. ВСН 25 – 86. Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294851/4294851150.pdf>
10. СНиП КР 30 – 01: 2001. Градостроительство, планировка и застройка городов и поселков городского типа [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.nism.gov.kg/media/FreePagesImages/2023-09-14/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%9A%D0%A0_%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B5%D0%B3%D0%BB%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82_%D0%91%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%B7%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B8_%D1%81%D0%BE%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%B6_UvyjDMA.pdf
11. СН 467 – 74. Нормы отвода земель для автомобильных дорог [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294854/4294854728.htm>
12. МСН. Естественное и искусственное освещение [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293780/4293780278.pdf>
13. ТЭО платной автомобильной дороги в Кыргызской Республике. Бишкек 2020г. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293780/4293780278.pdf>

УДК 725.4.05: 624.042.12

Болотбек Т., Аскар к. Н., Н.Б. Байбеков, Н.К. Канатбеков, Б.О. Бокоев
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУим. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

Bolotbek T., Askar k. N., N.B. Baibekov, N.K. Kanatbekov, B.O. Bokoev
Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic
e-mail: t.bolotbek@kstu.kg, nuraiym.askarkyzy@kstu.kg

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК НА ПОПЕРЕЧНУЮ РАМУ СТАЛЬНОГО КАРКАСА ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

ӨНӨР ЖАЙ ИМАРАТТАРЫНЫН БОЛОТ КАРКАСЫНЫН КЕСИЛГЕН АЛКАГЫНЫН ЖҮКТӨРҮН АНЫКТОО

DETERMINATION OF LOADS ON THE TRANSVERSE FRAME OF A STEEL FRAME OF A SINGLE-STORY INDUSTRIAL BUILDING

Макалада чатырдын салмагынан, чырактары жана байланыштары бар тирөөч каптоо конструкцияларынын өз салмагынан, тилкеден, тормоз конструкциялары менен кран устундарынан, капталган рельстерден жана кар жүктөрүнөн пайда болгон вертикалдык туруктуу жүктөр изилденген.

Түйүндүү сөздөр: чатыр, тилке, жүк, кран устундары, вертикалдык жана горизонталь жүктөрү, салмак.

В статье исследованы вертикальные постоянные нагрузки от веса кровли и собственной массы несущих конструкций покрытия, колонн, подкрановых балок с тормозными конструкциями, рельсами и снеговые нагрузки на покрытие.

Ключевые слова: кровля, колонна, нагрузка, подкрановые балки, вертикальные и горизонтальные нагрузки, вес.

The article examines the vertical constant loads from the weight of the roof and the own weight of the supporting structures of the coating, columns, crane beams with brake structures, rails and snow loads on the coating.

Key words: roof, column, load, crane beams, vertical and horizontal loads, weight.

Вопросы резистентности промышленных зданий к различным компонентам усилий рассмотрены в [1]. Применение метода сосредоточенных деформаций в определении нагрузок промышленных зданий исследованы в [2].

Для назначения нагрузок необходимо определить следующие нагрузки на поперечную раму:

Вертикальную постоянную нагрузку от веса кровли и собственной массы несущих конструкций покрытия со связями, колонн, подкрановых балок с тормозными конструкциями и рельсами, продольных стан (в случае опирания их на колонны) с учетом заполнения световых проемов;

- Снеговую нагрузку на покрытие;
- вертикальную нагрузку от давления колес мостовых кранов;
- поперечную горизонтальную нагрузку от торможения кранов;
- давление ветра на продольные стены и конструкции покрытия здания (ригель рамы и фонарь);
- температурные, сейсмические (в сейсмоопасных районах) воздействия.

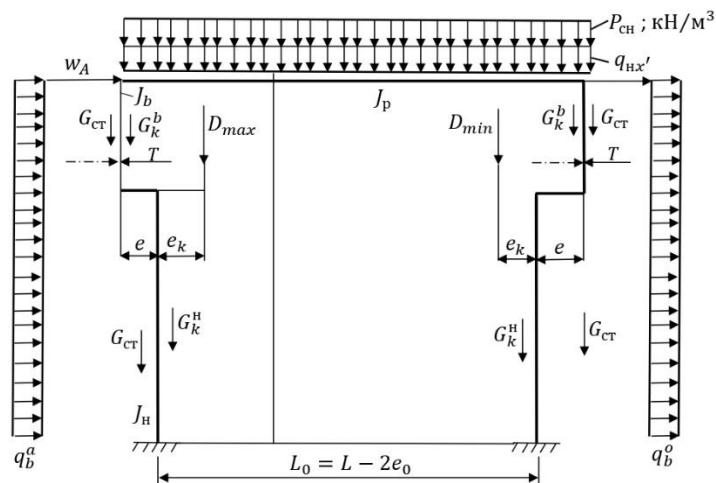


Рисунок 1 - Вертикальная нагрузка от кранов

Постоянная нагрузка. Нормативную $q_{\text{н}}$ и расчетную $q_{\text{п}}$ постоянные нагрузки с учетом коэффициента надежности по нагрузке $\gamma_{q_{\text{п}}}$ от массы кровли подсчитывают по фактическим показателям в соответствии с принятой конструкцией покрытия (таб. 1).

Вес кровли и конструкции покрытия определяется так.

Нормативная нагрузка на единицу площади здания (при угле наклона кровли к горизонту φ):

$$q_{\frac{n}{n}} = \frac{\sum q_{кр}}{\cos \alpha} + (g_{фон} + g_{с.в.} + g_{ф}).$$

Вес элементов кровли $g_{кр}$ зависит от состава кровли, набираемого в зависимости от условий эксплуатации здания (отапливаемое, неотапливаемое, с избыточным выделением тепла), где $g_{кр}$ – вес кровли на единицу площади здания;

$g_{фон}$ – вес фонаря на единицу площади здания;

Таблица 1 – Вес ограждающих и несущих конструкций

Наименование элемента	Нормативный вес g^H , кН/м ²	Коэффициент надежности по нагрузке γ_g
Ограждающие элементы кровли		
1. Защитный слой (15-30 мм) из гравия по мастике	0,3 – 0,4	1,3
2. Водоизоляционный ковер из 3-4 слоев рубероид	0,15 – 0,2	1,3
3. Асфальтовая или цементная стяжка (20 мм)	0,4	1,3
4. Утеплитель пенобетон (80 – 160 мм) $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$	0,05	1,3
Несущие элементы кровли		
1. Профилированный стальной настил (0,8–1 мм)	0,13 – 0,16	1,05
2. Волнистые листы:		
а) асбоцементные	0,2	1,1
б) стальные (1-1,75 мм)	0,12 – 0,21	1,05
3. Плоский стальной настил (3-4 мм)	0,24 – 0,32	1,05
4. Каркас стальной панели (для 1 – У районов снегового покрова)		
а) 3 × 6 м (в плане)	0,10 – 0,15	1,05
б) 3 × 12 м	0,15 – 0,25	1,05
5. Прогоны (для 1 – У районов снегового покрова)		
а) сплошные пролетом 6 м	0,05 – 0,08	1,05
б) сплошные пролетом 12 м	0,10 – 0,15	1,05
в) решетчатые пролетом 12 м	0,07 – 0,12	1,05
6. Железобетонная панель из тяжелого бетона с заливкой швов:		
а) 3 × 6 м (в плане)	1,45	1,1
б) 3 × 12 м (в плане)	1,80	1,1
Элементы каркаса		
1. Каркас фонаря *	0,15 – 0,20	1,05
2. Связи покрытия	0,04 – 0,06	1,05
3. Стропильные фермы	0,10 – 0,40**	1,05
4. Подстропильные фермы	0,05 – 0,10**	1,05
5. Колонны (при высоте здания около 20 м)	0,3 – 0,7***	1,10

6. Подкрановые конструкции (в кН/м балки): а) пролетом В=6м под краны Q=30 – 200т б) пролетом В=12м Q=30 – 80т в) пролетом В=12м Q=100 – 200т	2,5 – 3,5	1,05
	4,0 – 5,0	1,05
	5,5 – 6,5	1,05
*) Включая бортовые стенки и остекление (вес стенки и остекления принят 2,0 – 2,05 кН/м) каждой стенки. **) Меньшее число – для пролета здания L=24м и легкой кровли, большее – для L=36 м и тяжелой кровли. ***) Меньшее число – при кранах Q=30 – 50т и легкой кровле, большее – при кранах Q=125 – 200т и тяжелой кровле.		

$g_{св}$ – вес связей на единицу площади здания;

$g_{св}$ – вес стропильной фермы на единицу площади здания.

Расчетная нагрузка на единицу площади здания

$$g^P = \frac{\sum g_{кр} \cdot \gamma_q}{\cos \varphi} + (g_{фон} + g_{с.в.} + g_{ф}) \cdot \gamma_q$$

Расчетная линейная нагрузка на ригель рамы

$g = g^P \cdot B_{ф}$, где $B_{ф}$ – шаг стропильных ферм.

Давление на колонну от постоянной нагрузки на ригеле

$$F_g = \frac{g \cdot L}{2}$$

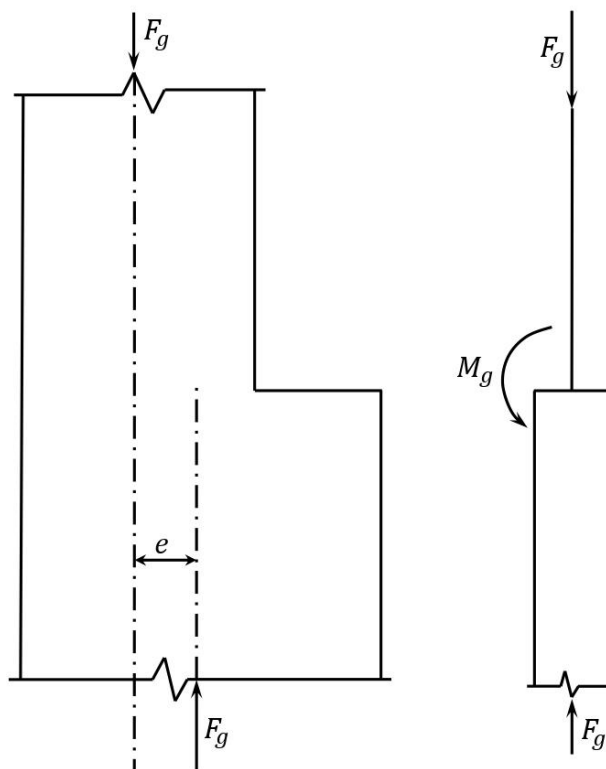


Рисунок 2 - Смещения осей верхней и нижней частей колонны

Расчетный сосредоточенный момент в месте уступа от смещения осей верхней и нижней частей колонны (Рисунок 2):

$$M_g = F_g \cdot e$$

Вес колонны

$$G_k = g_k \cdot B \cdot \frac{L}{2} \cdot \gamma_{Fg},$$

где g_k – из таб. 1 с учетом поправки на высоту здания - $\frac{H}{20}$

$$\text{Вес надкрановой части } G_K^B \approx 0,2G_K$$

$$\text{Вес подкрановой части } G_K^H \approx 0,8G_K$$

Вес подкрановых конструкций учитывается условно совместно с вертикальными нагрузками от кранов (Рисунок 1).

Вес стен $G_{ст}$ учитываем по согласованию с руководителем проекта (факультативно) в зависимости от принятой конструкции стен, типа и размера остекления и схемы фахверка.

Снеговая нагрузка

Нормативная нагрузка в кН/м^2 горизонтальной проекции покрытия $P_{CH}^H = P_o \cdot C$

где P_o – вес снегового покрова по таблице 1.2 [СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия];

C – коэффициент перехода от веса снегового покрова к снеговой нагрузке на покрытие при $\varphi \leq 25^\circ$, $C=1$.

Таблица 2 - Вес снегового покрова, скоростной напор ветра по данным [СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия]

Район	Снеговой покров P_o , кН/м^2	Район	Скоростной напор ветра q_0 , кН/м^2
I	0,5	III	0,45
I	0,5	V	0,7
II	0,7	I	0,27
II	0,7	II	0,35
II	0,7	III	0,45
II	0,7	IV	0,55
III	1,0	I	0,27
III	1,0	II	0,35
III	1,0	III	0,45
III	1,0	IV	0,55
IV	1,5	I	0,27
IV	1,5	II	0,35
IV	1,5	III	0,45
V	1,0	II	0,35

Таблица 3 – Коэффициент надежности по нагрузке

Наименование нагрузки	Коэффициент надежности по нагрузке γ_q, F
Постоянные	
1. Вес металлических конструкций	1,05(0,9)
2. Вес бетонных (с плотностью более 1600 кг/м^3) железобетонных и каменных конструкций	1,1(0,9)
3. Вес бетонных (с плотностью не более 1600 кг/м^3) конструкций, а также изолирующих, выравнивающих, отделочных слоев (в виде рулонных материалов, стяжек и т.п.), выполняемых:	

- в заводских условиях - на строительной площадке	1,2(0,9) 1,3(0,9)
Временные 4. Снеговая: а) при расчете поперечных рам, колонн б) при расчете стропильных ферм, прогонов, кровельных панелей – в зависимости от отношения нормативной нагрузки от веса кровли и конструкций покрытия g^H в кН/м ² к весу снегового покрова земли P_o , в кН/м ² :	1,4
g^H/P_o 0,5; 0,5 – 0,69; 0,7 – 0,89; 0,9.	
$\gamma_{F,q}$ 1,6; 1,55; 1,5; 1,4:	
5. Кровля	1,1
6. Ветровая	1,2

Примечание. Коэффициент 0,9 для постоянных нагрузок учитывается в случаях, когда уменьшение постоянной нагрузки может ухудшить условия работы конструкции, элемента, соединения (например, анкерных болтов).

Таблица 4 – Коэффициенты сочетания крановых нагрузок при учете двух и более кранов

Число одновременно учитываемых кранов	Режим работы кранов	Коэффициент сочетания ψ_c
2	Легкий, средний тяжелый, весьма тяжелый	0,85 0,95
4	Легкий, средний	0,7
(в многопролетных зданиях)	Тяжелый, весьма тяжелый	0,8

Расчетная нагрузка $P_{CH} = P_{CHH} \cdot \gamma_{PCH}$;

γ_{PCH} – по таблице 2.

Расчетная линейная нагрузка на ригель рамы

$$P_{CH(L)} = P_{CHH} \cdot B_{\phi}$$

Опорная реакция ригеля

$$F_{PCH} = \frac{P_{CH(L)} \cdot L}{2}$$

Расчетный сосредоточенный момент в месте уступа

$$M_{PCH} = F_{PCH} \cdot e$$

Вертикальные усилия от кранов D_{max} , D_{min} и моменты M_{max}^{kp} и M_{min}^{kp}

Расчетное вертикальное усилие от двух сближенных кранов на колонну, к которой приближена тележка с грузом (левая колонна Рисунок 5):

$$D_{max} = \gamma_{F_k} \cdot \Psi_c \cdot \sum F_{k,max} \cdot y_i + \gamma_{F,g} \cdot g_{kp} \cdot B,$$

где $F_{k,max}$ – максимальное усилие от колеса крана на путь, к которому приближена тележка; y_i – ордината линии влияния опорной реакции подкрановых балок (для разрезных балок по рисунок 3);

g_{kp} – вес подкрановых конструкций в кН/м (по табл. 1);

$\gamma_{F_k} \gamma_{F,g}$ – коэффициенты надежности по нагрузке от кранов и собственного веса;

Ψ_c – коэффициент сочетания (см. табл. 4)

краны устанавливаются относительно рассчитываемой рамы так, чтобы значение $\sum F_{k,max} \cdot y_i$ было наибольшим.

Расчетное вертикальное усилие кранов на противоположную колонну рамы
 (при той же установке кранов):

$$D_{min} = \gamma_{F_k} \cdot \Psi_c \cdot \sum F_{k,min} \cdot y_i + \gamma_{F,g} \cdot g_k \cdot B, \text{ где } F_{k,min} = \frac{Q + G_{kp}}{n_0} - F_{k,max};$$

Q – подъемная сила крана на главном крюке в кН;

G_{kp} – общий вес крана с тележкой;

n_0 – число колес крана на одной стороне крана.

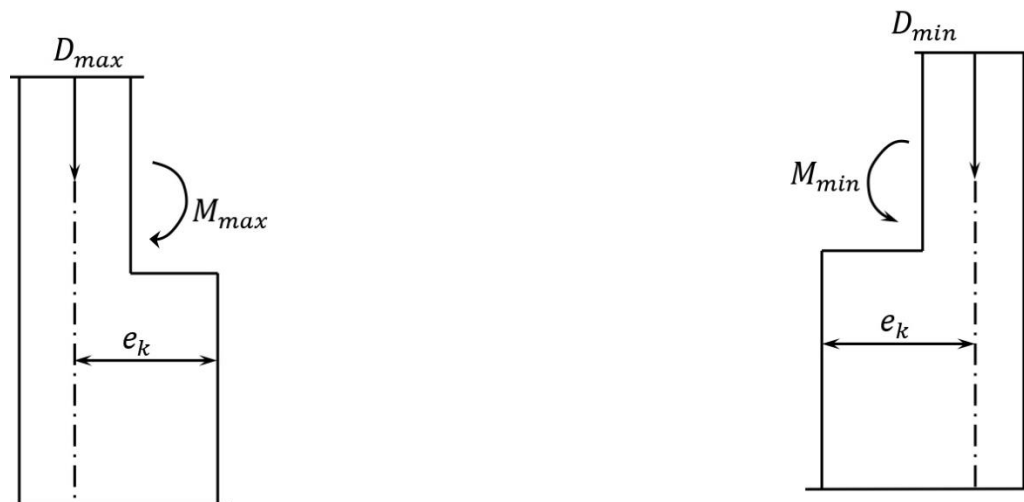


Рисунок 3 - Моменты от внецентренного приложения сил

Горизонтальное усилие на колонну от поперечного торможения кранов зависит от расчетного горизонтального усилия от мостовых кранов на колонну $T = \gamma_{F,kp} \cdot \Psi_c \cdot \sum T_{ki} \cdot y_i$ где $T_k = \frac{T_0^H}{n_0}$ – горизонтальное усилие на колесе крана;

$T_0^H = 0,05(Q + G_T)$ – нормативная сила торможения тележки с гибким подвесом груза.

Выводы. Установка сближенных кранов и значения y_i сохраняются такими же, как при определении вертикальных давлений кранов. Усилие T может быть приложено к любой колонне рамы и направлено влево и вправо независимо от положения тележки с грузом. Для упрощения расчета рамы рекомендуется прикладывать усилие на уровне уступа в месте изменения сечения колонны (если $h n_0 \leq 1m$).

Ниже на Рисунок 4, 5, 6 представлены примеры моделирования промышленных зданий в численной BIM среде.

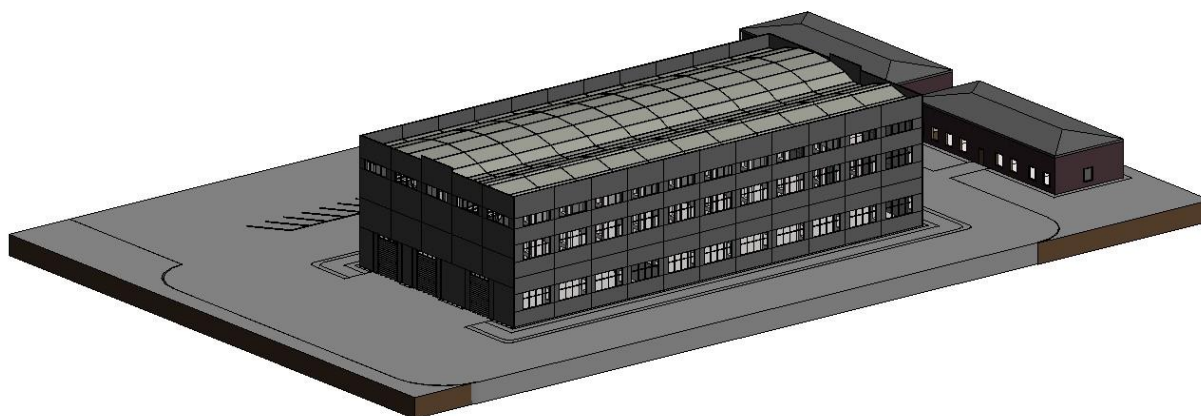


Рисунок 4 - BIM модель промышленного здания

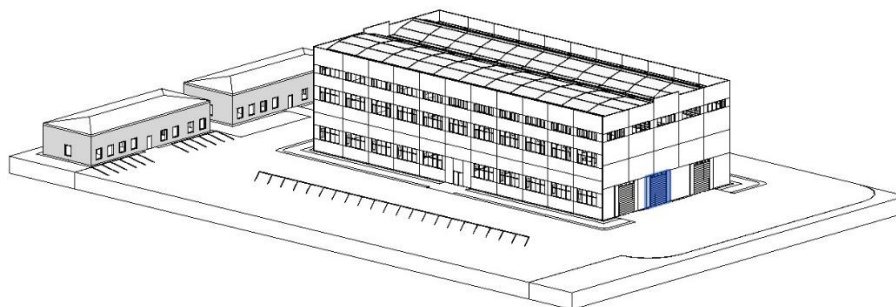


Рисунок 5 - BIM модель промышленного здания

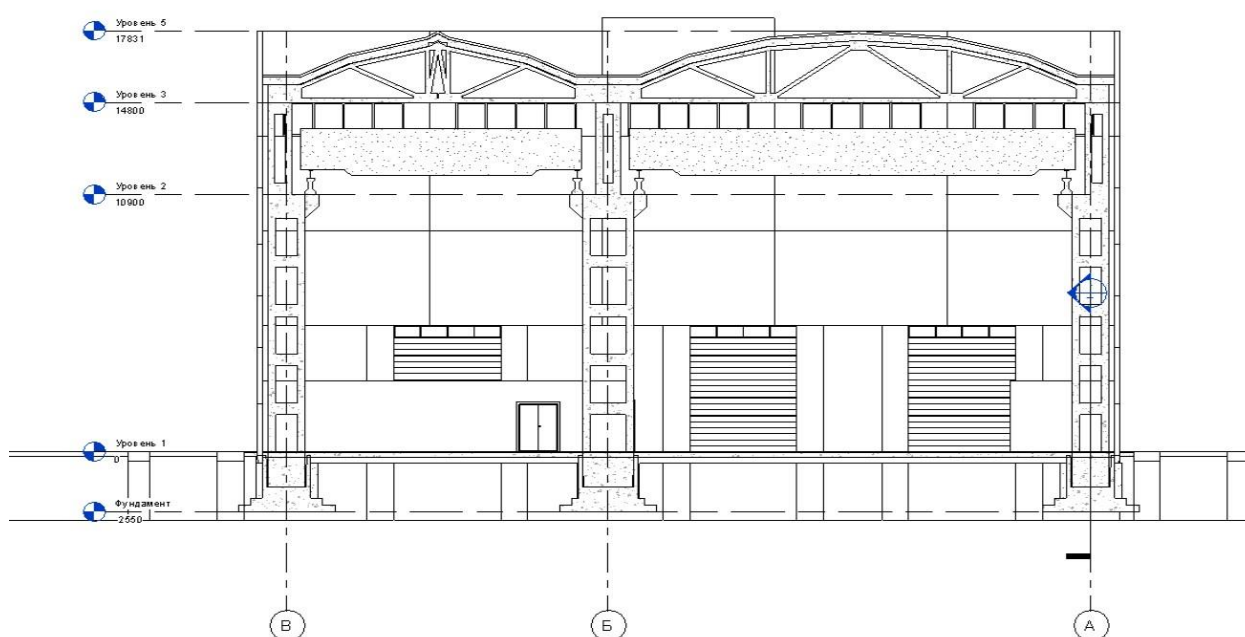


Рисунок 6 - BIM модель промышленного здания, сечение В-А

Список литературы

1. Болотбек, Т. Расчет резистентных к сейсмическим усилиям зданий по перемещениям [Текст] / [Болотбек Т., Д.Ж. Абдыраимов, А.А.Карабашов, С.Б. Кудайбергенов и др.] // Вестник КГУСТА. – Бишкек: 2021. – Вып. 2 (72). – С. 242-249.
2. Болотбек, Т. Применение результатов метода сосредоточенных деформаций к результатам численных экспериментов на основе метода конечных элементов [Текст] / [Болотбек Т., Ж.Т.Темирканова, Нурлан уулу А., Тойчу кызы Ж.,А. Аскарлова] // Вестник КГУСТА. – Бишкек: КГУСТА. - Вып. 1(67). – 2020. – С. 140-146.
3. Иманалиев, Т.Б. Полурadiaльная конструкция подпорной стены железных дорог для оптимального распределения горного давления [Текст] / [Иманалиев Т.Б. (Болотбек Т.), Аскар к. Н.,З.А. Осмоналиева, Б.М. Тургумбаева] // Вестник КГУСТА. – Бишкек: КГУСТА. - Вып. 2 (40). - 2013, – С. 38-48.