

ВКР-Б-Р2-РК. Пример выполнения расчетно-конструктивного раздела ВКР.

Геометрическая компоновка

Разрез 1-1

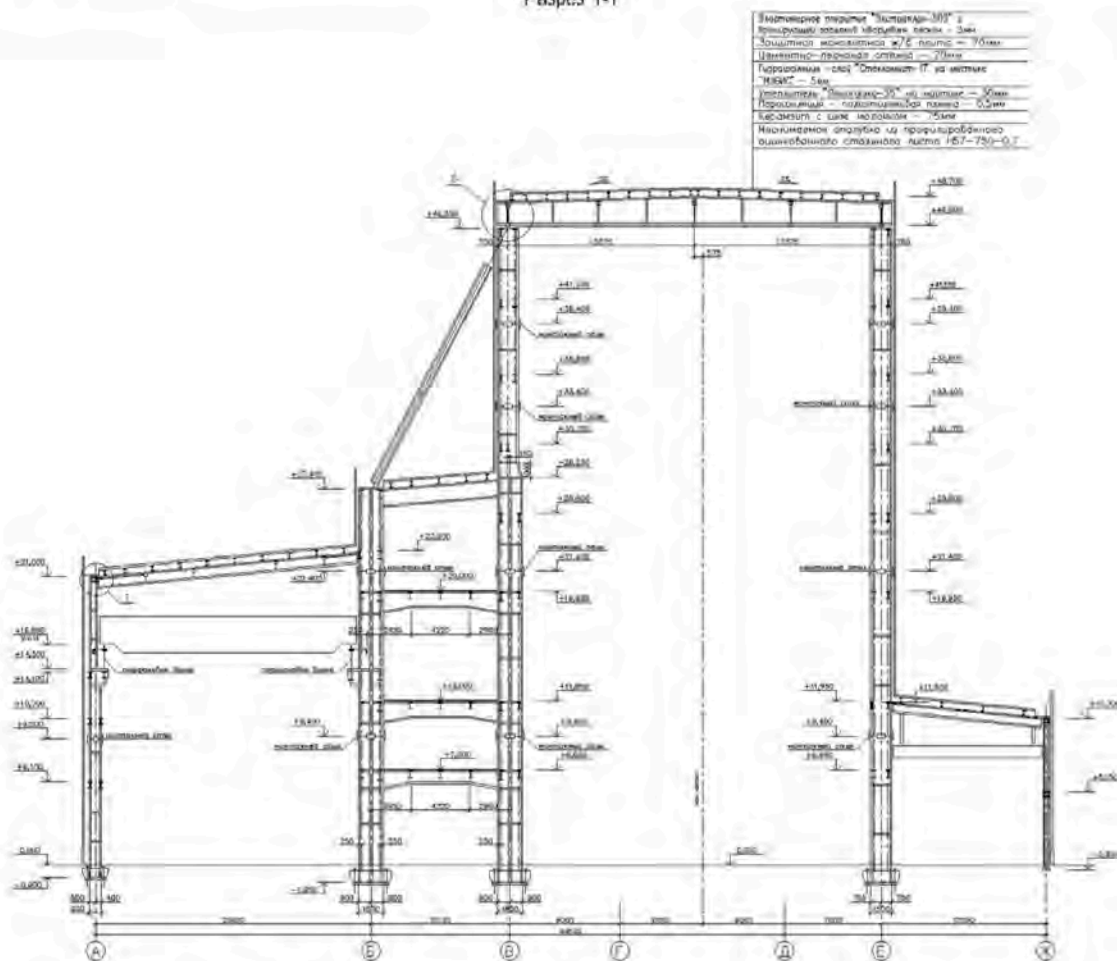


Рис. 1 схема поперечного сечения главного корпуса ТЭС (ПГУ).

Общая часть:

Колонны по оси «А» машинного отделения состоят из двух частей (подкрановой (от.м. верха 14.300) и надкрановой (от.м. верха 21.000)). Надкрановая часть представляет собой сварной двутавр сечением: полки из листа 300x16 мм, стенка – 568x10 мм. Подкрановая также сварной двутавр сечением: полки из листа 550x20 мм, стенка – 860x10 мм. Материал сталь С245.

Далее подобным образом кратко описываются все конструктивные элементы участвующие в реализации расчетной схемы.

Расчетная схема.

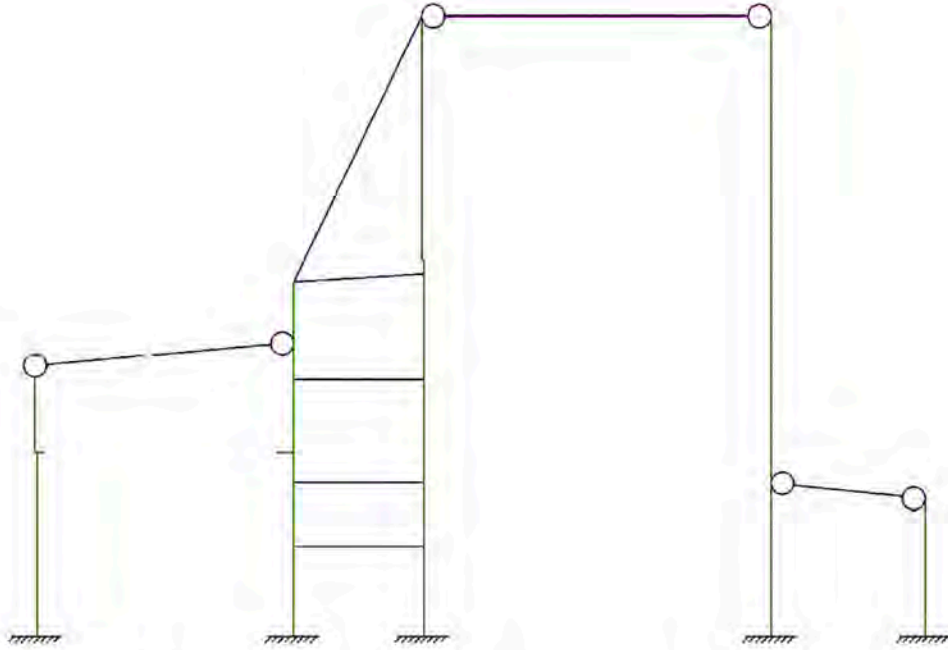


Рис. 2. Геометрическая составляющая расчетной схемы рамы каркаса главного корпуса.

Каркас здания можно рассматривать как плоскую раму с тремя степенями свободы. Вертикальные стержни будут имитировать колонны, горизонтальные и наклонные – балки и фермы.

В нашем примере все колонны закреплены в основании жестко, т.е. отсутствует возможность перемещения и вращения во всех направлениях. Балки покрытия имеют шарнирное опирание, поэтому изгибающие моменты в их крайних точках равны 0.

Далее необходимо назначить жесткости элементам согласно геометрической схеме и параметрам материала.

Моделирование расчетной схемы в программном комплексе SCAD осуществляется за счет использования линейных конечных элементов.

Рис. 3. Пример геометрической составляющей расчетной схемы реализованной в ПК SCAD Office.

Сбор нагрузок.

Нагрузки на элементы рамы каркаса здания следует собирать согласно действующей нормативной документации (СП 20.13330.2012), допускается использовать средства автоматизированного проектирования при определении соответствующих загружений строительных конструкций.

1. Постоянные нагрузки:

Постоянные нагрузки на покрытие принимают равномерно-распределенными. Они включают нагрузки от состава покрытия, а также от несущих конструкций покрытия: балок, прогонов, панелей и связей покрытия. Нагрузки от элементов рамы учитываются в программном комплексе SCAD, Lira автоматически после задания необходимых жесткостных параметров (геометрических характеристик сечения и физико-механических свойств материала конструкций).

Пример сбора нагрузок от состава покрытия приведен ниже в табл. 1.

Таблица 1. Пример оформления таблицы сбора нагрузок от состава покрытия для эксплуатируемой кровли.

<i>№ п/п</i>	<i>Состав покрытия</i>	<i>Нормативное значение нагрузки $q_{кр}^n$, кН/м²</i>	<i>Кoeffи- циент надежности по нагрузке γ_f</i>	<i>Кoeffи- циент надежности по назначению γ_n</i>	<i>Расчетное значение нагрузки $q_{кр}$, кН/м²</i>
1	Эластомерное покрытие "Экстраплан-503" $t=3$ мм, $\gamma_f=1400$ кг/м ³	4,2	1,2	1,1	5,5
2	Защитная монолитная ж.б. плита $t=70$ мм, $\gamma_f=2500$ кг/м ³	175,0	1,1	1,1	211,8
3	Цементно-песчаная стяжка из раствора марки 150 $t=20$ мм, $\gamma_f=1800$ кг/м ³	36,0	1,3	1,1	51,5
4	Гидроизоляция - слой "Стекломаст-П" на мастике $t=5$ мм, $\gamma_f=1300$ кг/м ³	6,5	1,2	1,1	8,6
5	Утеплитель "Пеноплекс-35" на мастике $t=30$ мм, $\gamma_f=45$ кг/м ³	1,35	1,2	1,1	1,8
6	Пароизоляция - полиэтиленовая пленка на мастике $t=0,5$ мм, $\gamma_f=500$ кг/м ³	0,25	1,2	1,1	0,3
7	Керамзит с цементным молочком $t=75$ мм, $\gamma_f=1200$ кг/м ³	90,0	1,3	1,1	128,7
8	Неснимаемая опалубка из профилированного оцинкованного стального листа Н57-750-0,7 8,7 кг/м ²	8,7	1,05	1,1	10,1
9	Прогон сплошной $l=12$ м	10,0	1,05	1,1	11,6
10	Связи покрытия	4,0	1,05	1,1	4,6
	Суммарная нагрузка	336,0		1,1	434,4

Таблица 2. Пример оформления таблицы сбора нагрузок от состава покрытия для не эксплуатируемой кровли.

№ п/п	Состав покрытия	Нормативное значение нагрузки $q_{кр}^n$, кН/м ²	Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	Коэффициент надежности по назначению γ_n	Расчетное значение нагрузки $q_{кр}$, кН/м ²
1	Профилированный оцинкованный стальной лист с полимерным покрытием 2 слоя	10,0	1,1	1,1	12,1
2	Негорючий утеплитель "РУФ БАТТС" $t=150$ мм, $\gamma_f=160$ кг/м ³	16,0	1,1	1,1	19,4
3	Прогон сплошной $l=12$ м	10,0	1,05	1,1	11,6
4	Связи покрытия	4,0	1,05	1,1	4,6
	Суммарная нагрузка	40,0		1,1	47,7

Из таблицы 1 расчетная равномерно-распределенная нагрузка на 1 м² покрытия равна $q_{кр} = 434,0$ кН/м² и $q_{кр} = 0,477$ кН/м². Шаг рам $B=12$ м.

Расчетная линейная нагрузка на ригель рамы в осях А-Б

$$G_{кр} = q_{кр} * B = 0,477 * 12 = 5,7 \text{ кН/м.}$$

Расчетная линейная нагрузка на ригель рамы в осях Б-В

$$G_{кр} = q_{кр} * B = 0,477 * 12 = 5,7 \text{ кН/м.}$$

Расчетная линейная нагрузка на ригель рамы в осях В-Е

$$G_{кр} = q_{кр} * B = 434,0 * 12 = 5208,0 \text{ кН/м.}$$

Расчетная линейная нагрузка на ригель рамы в осях Е-Ж

$$G_{кр} = q_{кр} * B = 0,477 * 12 = 5,7 \text{ кН/м.}$$

Опорная реакция стропильной балки от постоянной линейной нагрузки на ригель рамы

$$F_{кр} = G_{кр} * l/2 = 5208,0 * (27/2) = 70\,308,0 \text{ кН.}$$

2. Временные нагрузки:

2.1. Снеговая нагрузка:

Нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия определяем по формуле (1):

$$S_0 = 0,7 * c_{e,c_t} * \mu * S_g; \quad (1)$$

Где c_e - коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов, принимаемый в соответствии с 10.5 СП 20.13330.2011; c_t - термический коэффициент, принимаемый в соответствии с 10.6 СП 20.13330.2011; μ - коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаемый в соответствии с 10.4 СП 20.13330.2011; S_g - вес снегового покрова на 1 м² горизонтальной поверхности земли, принимаемый в соответствии с 10.2 СП 20.13330.2011.

Для пологого (с уклоном до 12 %) покрытия многопролетного здания без фонарей, проектируемого в районах со средней скоростью ветра за три наиболее холодных месяца $V \geq 2$ м/с,

устанавливаем коэффициент сноса снега по формуле (2):

$$c_e = (1,2 - 0,1 \cdot V \cdot k) \cdot (0,8 + 0,002 \cdot b); \quad (2)$$

Где k – коэффициент, принимаемый по таблице 10.2 СП 20.13330.2011; b - ширина покрытия, не более 100 м.

Средняя скорость ветра V за три наиболее холодных месяца определяется по [карте 2](#) обязательного [приложения Ж](#).

Снижение снеговой нагрузки, предусмотряемое пунктами 10.5-10.6, не распространяется у перепадов высот зданий и парапетов.

Для районов со средней температурой января минус 5°C и ниже (по [карте 5 приложения Ж](#)) пониженное нормативное значение снеговой нагрузки определяется умножением ее нормативного значения на коэффициент 0,7 в соответствии с 10.112 СП 20.13330.2011.

Коэффициент надежности по снеговой нагрузке γ_f следует принимать равным 1,4 в соответствии с 10.12.2 СП 20.13330.2011.

Оси А-Б:



Рис. 4. Схема к определению снеговой нагрузки на покрытие машинного отделения.

Таблица 3. Пример оформления расчетов снеговой нагрузки.

S_{g0} , кПа	C_e	C_t	μ	γ_f	γ_n	S , кПа	b , м	Шаг колонн, м	Расчетная линейная снеговая нагрузка $G_{сн}$, кН/м
1,8	1,0	1,0	1,5	1,4	1,1	1,89	2,0	12	22,68
	1,0	1,0	1,0			1,26	-		15,12
	1,0	1,0	4,0			5,04	9,0		60,48

Оси Б-В:

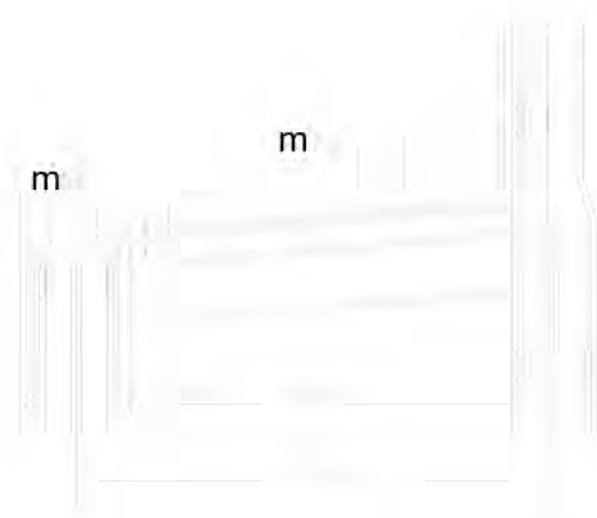


Рис. 5. Схема к определению снеговой нагрузки на покрытие диаметрального отделения.

S_{gs} , кПа	C_e	C_t	μ	S	γ_f	γ_n	b , м	Шаг колонн, м	Расчетная линейная снеговая нагрузка $G_{сн}$, кН/м
1,8	1,0	1,0	1,5	1,89	1,4	1,1	2,2	12	22,68
	1,0	1,0	4,0	5,04			8,1		60,48

Оси В-Е:

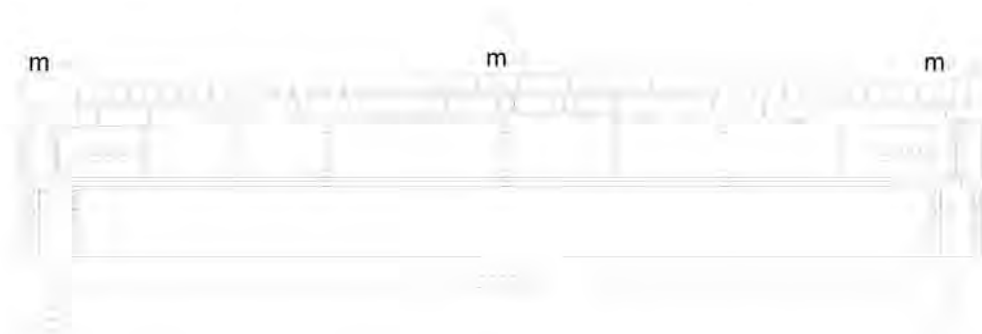


Рис. 6. Схема к определению снеговой нагрузки на покрытие котельного отделения.

S_{gs} , кПа	C_e	C_t	μ	S	γ_f	γ_n	b , м	Шаг колонн, м	Расчетная линейная снеговая нагрузка $G_{сн}$, кН/м
1,8	1,0	1,0	1,5	1,89	1,4	1,1	1,6	12	22,68
	1,0	1,0	1,0	1,26			-		15,12
	1,0	1,0	1,5	1,89			1,6		22,68

Оси Е-Ж:



Рис. 7. Схема к определению снеговой нагрузки на покрытие отделения электротехнических устройств.

$S_g, \text{кПа}$	C_e	C_t	μ	S	γ_f	γ_n	$b, \text{м}$	Шаг колонн, м	Расчетная линейная снеговая нагрузка $G_{сн}, \text{кН/м}$
1,8	1,0	1,0	1,5	1,89	1,4	1,1	3,0	12	22,68
	1,0	1,0	4,0	5,04			8,6		60,48

2.2. Ветровая нагрузка.

Нормативное значение ветровой нагрузки w следует определять как сумму средней q_m и пульсационной q_p составляющих:

$$q = q_m + q_p; \quad (3)$$

Согласно 11.1.4 СП 20.13330.2011 нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки q_m в зависимости от эквивалентной высоты z_e над поверхностью земли следует определять по формуле (4):

$$q_m = w_0 * k(z_e) * c * \gamma_f * B, \quad (4)$$

где w_0 – нормативное значение ветрового давления 0,23 кПа для I-го ветрового района;

$k(z_e)$ – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты z_e ;

c – аэродинамический коэффициент.

Коэффициент надежности по ветровой нагрузке следует принимать равным 1,4 согласно 11.1.12 СП 20.13330.2011.

В примере принят тип местности В.

Пульсационная составляющая q_p учитывается программой SCAD Office как динамическая нагрузка.

Таблица 4. Пример оформления расчетов по статической ветровой нагрузке.

Высота, м	Коэффициент k	Коэффициент, C	Шаг колонн, м	γ_n	γ_f	Расчетное ветровое значение, кН/м
Активное			12	1,1	1,4	
0	0,5	+0,8				+1,55
5	0,5	+0,8				+1,55
10	0,65	+0,8				+2,01
12,8	0,71	+0,8				+2,19
20	0,85	+0,8				+2,63
22,5	0,88	+0,8				+2,72
28,9	0,96	+0,8				+2,97
40,0	1,1	+0,8				+3,40
46,7	1,17	+0,8				+3,62
Отсос						
0	0,5	-0,6	-1,16			
5	0,5	-0,6	-1,16			
10	0,65	-0,6	-1,51			
12,8	0,71	-0,6	-1,65			
20	0,85	-0,6	-1,97			
22,5	0,88	-0,6	-2,04			
28,9	0,96	-0,6	-2,23			
40,0	1,1	-0,6	-2,55			
46,7	1,17	-0,6	-2,71			

Нагрузки от веса покрытия снега и действия ветра собираются «вручную», собственный вес несущих конструкций (только элементов входящих в расчетную схему) для SCAD генерируется автоматически.

Приложения нагрузок к расчетной схеме:



Рис. 9. Снеговая нагрузка.

Рис. 10. Ветровая нагрузка.

Когда работы по формированию расчетной схемы будут полностью завершены, т.е. будет сформирована геометрическая составляющая, занесены необходимые данные по жесткостям элементов конструкций, а также определены условия закрепления и приложены все необходимые нагрузки к элементам расчетной схемы, после этого необходимо выполнить формирование расчетных сочетаний усилий (PCY) согласно действующей нормативной документации. Для ПК SCAD данные условия формируются в специальных исходных данных.

После всех выполненных операций необходимо еще раз проверить данные, и только после этого выполнить расчет данной линейной схемы, который выполняется в автоматическом режиме с отображением протокола. Необходимо контролировать ход выполнения расчета по отображаемому протоколу действий, и своевременно отмечать возможные ошибки о которых программа сообщит в протоколе.

Результаты расчета.

Результаты расчета могут быть выведены в виде таблиц и эпюр моментов, продольных и поперечных сил, а также в виде полей напряжений для пространственных расчетных схем, и виде эпюр арматуры для железобетонных конструкций.



Рис. 11. Эпюра изгибающих моментов (M) действующих в сечениях элементов расчетной схемы от ветровой нагрузки.



Рис. 12. Эпюра нормальных сил (N) действующих в сечениях рассчитываемых элементов от ветровой нагрузки.

Рис. 13. Эпюра поперечных сил (Q) действующих в сечениях элементов расчетной схемы от ветровой нагрузки.

Рис. 14. Эпюра изгибающих моментов (M) действующих в сечениях элементов расчетной схемы от снеговой нагрузки.

Рис. 15. Этюра нормальных сил (N) действующих в сечениях рассчитываемых элементов от снеговой нагрузки.

Рис. 16. Этюра поперечных сил (Q) действующих в сечениях элементов расчетной схемы от снеговой нагрузки.

Полученные результаты анализируются, и выбирается наиболее нагруженное сечение для расчетной конструкции. Далее осуществляется подбор сечений (проверка уже подобранных в первом приближении сечений) согласно действующей нормативной документации по I-ой и II-ой группе предельных состояний.

Если расчет выполнялся с использованием ПК, то в случае не выполнения требований I-ой и II-ой групп предельных состояний следует вернуться в расчетную схему и изменить жесткостные характеристики сечений рассчитываемых элементов, а затем произвести расчет заново.

Конструирование элементов узлов.

В данной части расчетно-конструктивного раздела ВКР необходимо отразить основные решения, принятые по нормативной документации при конструировании элементов и узлов конструкций. Здесь же приводятся расчеты по отдельным узлам и примыканиям.