

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
к выполнению практических занятий
по дисциплине «3D-моделирование в САД-системах»

Направление подготовки: **08.03.01. – Строительство**

Ставрополь

Оглавление

Введение	3
Область применения САД-систем в объемном моделировании	4
1. Преобразование двухмерных чертежей в трёхмерные модели	5
2. Ленточный фундамент.....	6
3. Подколонники	11
4. Наружные колонны.....	17
5. Оболочка градирни	22
6 А-образные рамы	28
7 Внутренние колонны	34
8 Балки	38
9 Общие рекомендации по созданию трехмерной модели	41
Заключение	48
Список литературы	49

Введение

В настоящем пособии рассматриваются решение проблем импортозамещения, которое определяет переход на отечественное программное обеспечение, которое не подпадает под санкции. Работа в среде автоматизированных систем компьютерного проектирования (САПР) является ядром передовых производственных технологий. При этом до недавнего времени наиболее распространенным было программное решение для САПР, AutoCAD, которое выпускалось компанией Autodesk Inc. Однако, после введения санкций официальное использование этого продукта вызывало затруднения. В России уже давно выпускались и собственные продукты для САПР и в настоящее время их использование стало особенно актуальным. Одним из таких популярных продуктов является NanoCAD — платформа для проектирования и моделирования объектов различной сложности, разработанная российской компанией ООО "Нанософт разработка". Обладает AutoCAD-подобным интерфейсом и напрямую поддерживает формат DWG (с помощью библиотек Teigha, разработчик Open Design Alliance) [1-16].

В этой связи становится актуальным распространение отечественных технологий САПР, которые позволят эффективно проводить цифровую трансформацию производства в России. Представленные в пособии сведения необходимые будущим специалистам, обучающихся по направлениям 08.03.01 «Строительство» (бакалавриат), 08.04.01

Авторы надеются, что изучение этого пособия поможет будущим инженерам понять концепции, лежащие в основе NanoCAD, а также разобраться в технических и организационных вопросах применения рассмотренных технологий, что в конечном итоге позволит им эффективно использовать их возможности в любой из многочисленных областей их применения.

Авторы выражают большую благодарность аспиранту ИСИ Матвееву Юрию Дмитриевичу, по материалам которого создано данное пособие

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению "Строительство" и может быть также полезно студентам других специальностей.

Область применения CAD-систем в объемном моделировании

Проектирование трёхмерных моделей различных элементов сооружений, таких как башенная испарительная градирня (далее БИГ), находит применение при создании различных баз данных для быстрого поиска той или иной конструкции данного сооружения. Точное воспроизведение конструкции даёт возможность создания реалистичной модели через 3D-принтер. В данном пособии показан процесс преобразования двумерных чертежей различных элементов БИГ в полноценные трёхмерные модели на примере программы nanoCAD 23.0x64(рис.1) и СПДС 23.0x64.

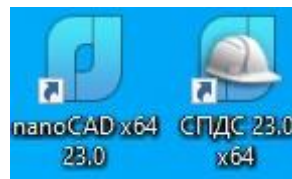


Рис. 1 Эмблемы программ на рабочем столе

1. Преобразование двухмерных чертежей в трёхмерные модели

1. Цель работы

1. Зарегистрировать аккаунт на портале Nanodev.ru
2. Создать запрос на учебную версию требуемого программного продукта в личном кабинете;
3. Скачать и установить платформу Nanocad, пройти регистрацию продукта.

2. Знания и умения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы

Индекс	Формулировка
ПК-9	Использование средства компьютерного моделирования в проектировании объектов капитального строительства

3. Теоретическое обоснование

СПДС 23.0x64 по своей сути является модулем программы nanoCAD 23.0x64, включающим в себя такие функции (рис.2) как:

- Топоплан
- СПДС
- Кодекс
- Облака точек
- Растр
- 3D-инструменты

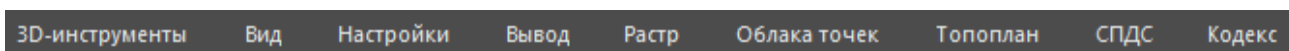


Рис. 2 Функционал в СПДС 23.0x64

Для описания процесса преобразования двухмерных моделей в трёхмерные - нам понадобится блок 3D-инструменты (рис 3.) и стандартные инструменты для воссоздания двухмерных моделей (рис.4).

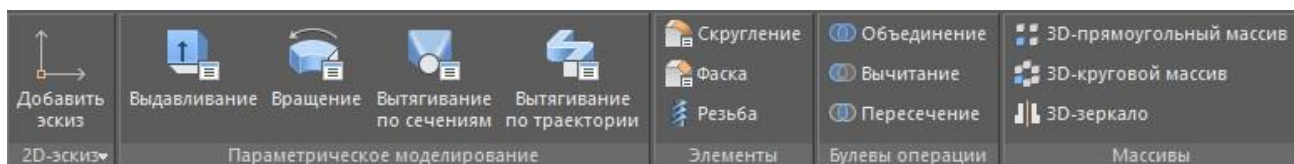


Рис. 3 Перечень 3D-инструментов

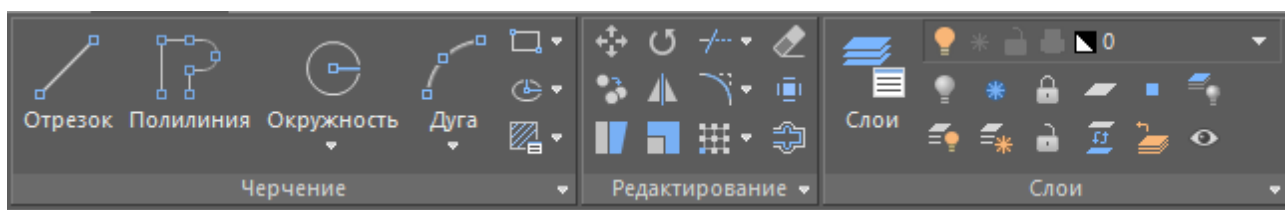


Рис. 4 Перечень 2D-инструментов

Для выбора оптимального вида в трёхмерном пространстве можно использовать меню ортогональных видов (рис 5.), которое поможет выбрать оптимальную изометрию для дальнейших трёхмерных манипуляций.

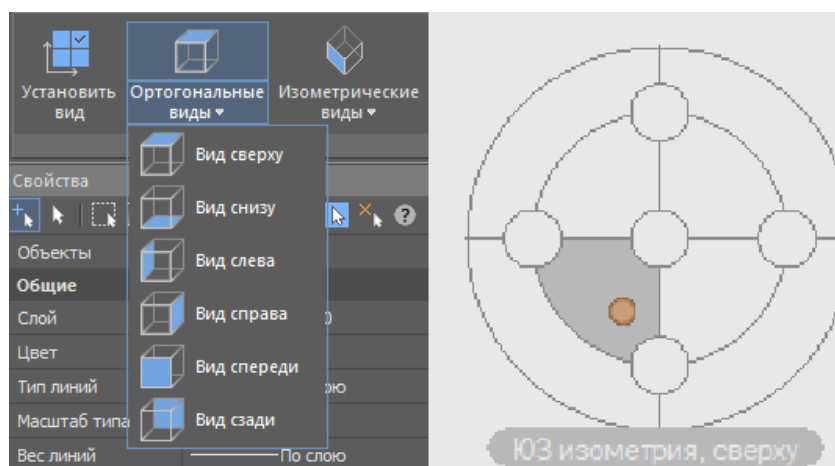


Рис. 5 Меню ортогональных видов

2. Ленточный фундамент

1. Цель работы

1. Зарегистрировать аккаунт на портале Nanodev.ru
2. Создать запрос на учебную версию требуемого программного продукта в личном кабинете;
3. Скачать и установить платформу Nanocad, пройти регистрацию продукта.

2. Знания и умения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы

Индекс	Формулировка
ПК-9	Использование средства компьютерного моделирования в проектировании объектов капитального строительства

3. Теоретическое обоснование

На двухмерном фрагменте модели (рис. 6) даны размеры от центральной оси градирни.

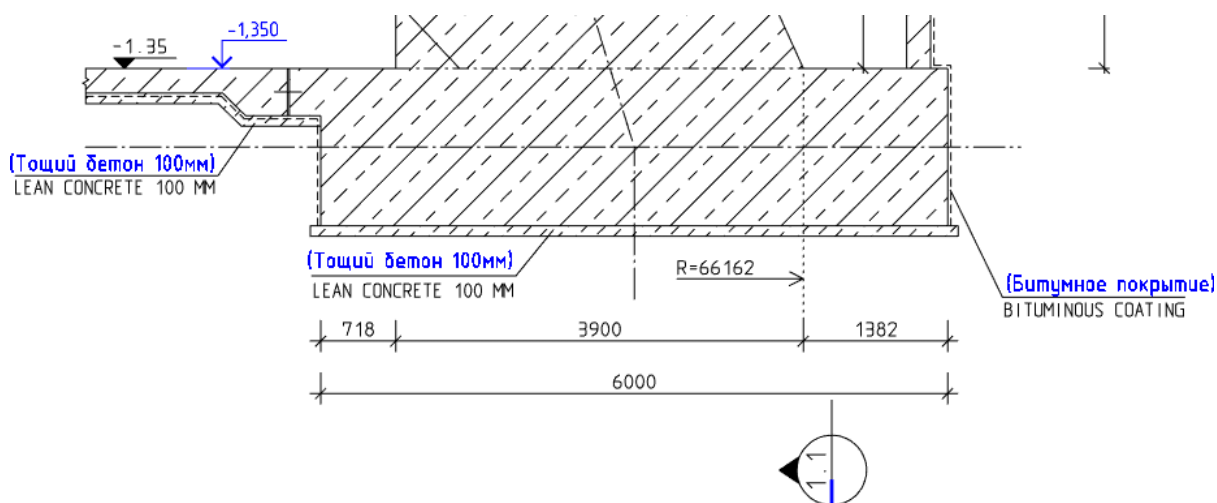


Рис. 6 Двухмерный чертёж фундамента БИГ

Для создания 3D модели нам необходимо перерисовать двухмерную модель (рис.7), убрав всё лишнее и оставив место для создания эскиза. До центра градирни расстояние порядка 66 метров. Итоговый вид под эскиз будет выглядеть следующим образом (рис.8).



Рис. 7 Заготовка под эскиз ленточного фундамента



Рис. 8 Итоговая заготовка под эскиз ленточного фундамента

Далее выделяем чертёж, который необходимо преобразовать и добавляем эскиз (рис.9)

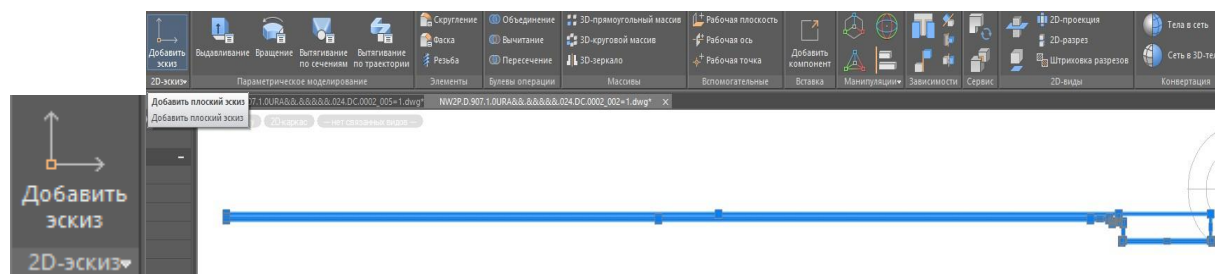


Рис. 9 Создание эскиза

Затем полученный двухмерный чертёж захватывается (рис.10) и превращается в эскиз, который далее преобразуется в 3D-модель



Рис. 10 Создание эскиза

Для получения 3D-модели ленточного фундамента нам необходимо применить вращение (рис.11) вокруг центральной оси БИГ на 360 градусов.

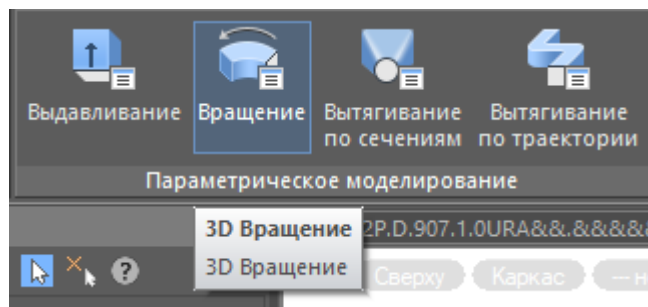


Рис. 11 Выбор необходимой функции

Далее курсором наводим на необходимые участки эскиза (рис.12), которые нужно будет преобразовать в объемные модели.

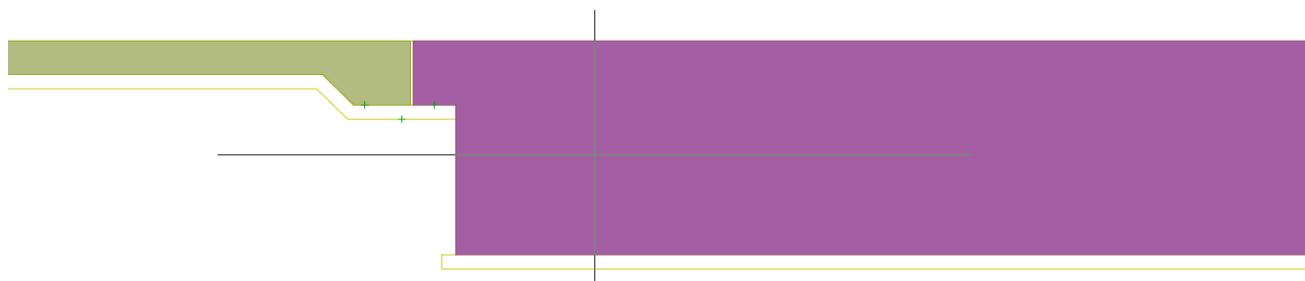


Рис. 12 Выбор областей для вращения

Программой предлагается задать необходимый угол и то, вокруг чего будет создавать трёхмерная модель. В нашем случае мы выбираем «ось» за центр вращения, эскизами служат участки бетонирования (рис.13).

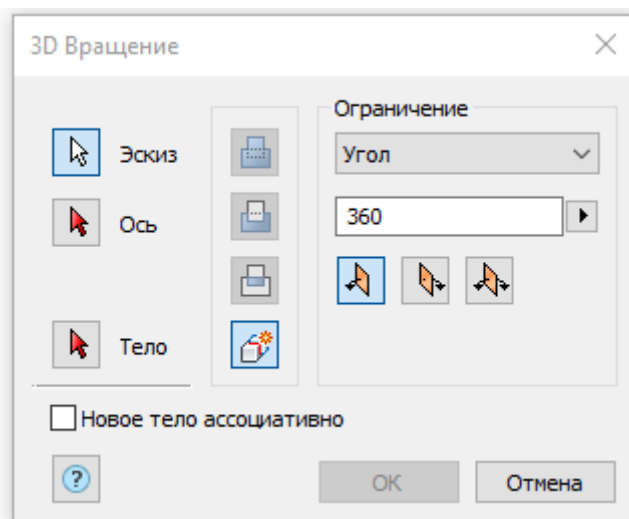


Рис. 13 Таблица параметров для 3D-модели

После того, как все параметры заданы, выбраны эскизы и выбрана ось вращения (рис.14) нажимаем ОК и получаем трёхмерную модель ленточного фундамента башенной испарительной градирни (рис. 15).

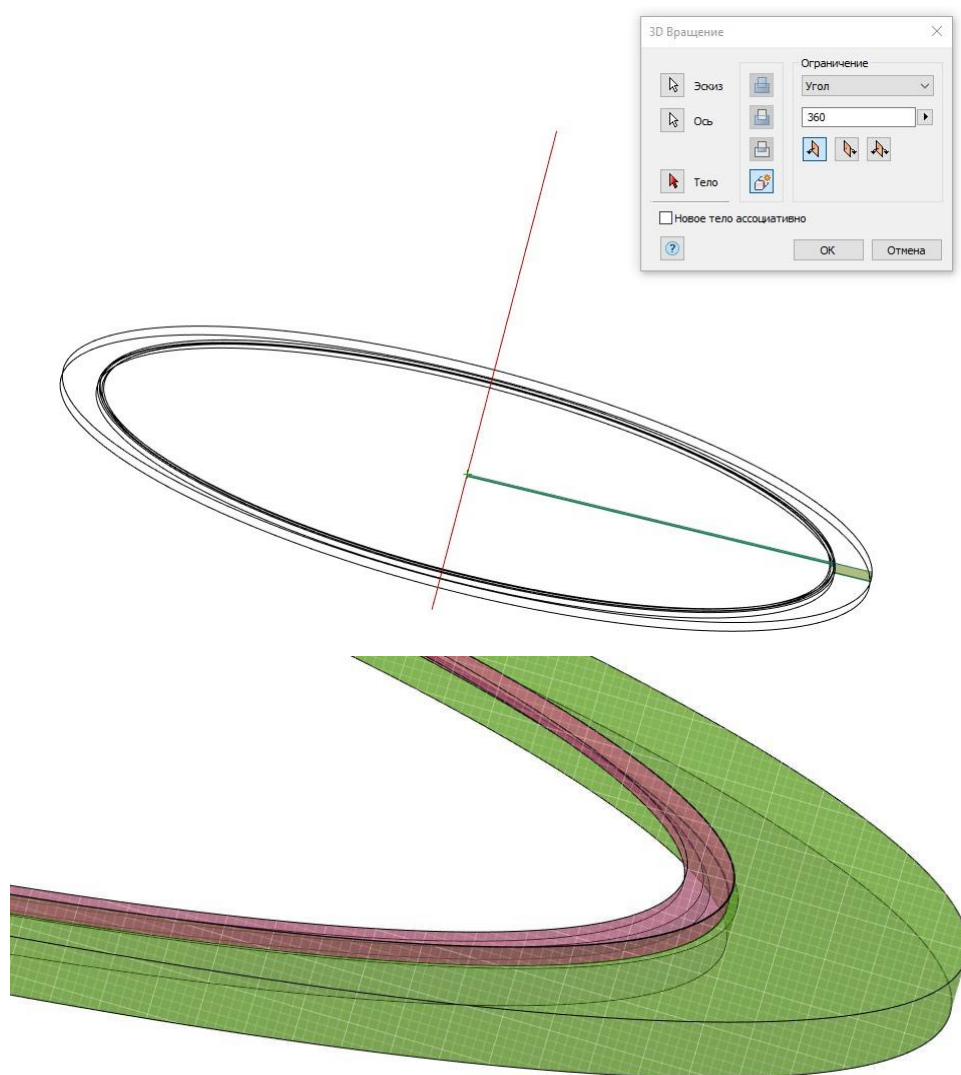


Рис. 14 Создание 3D-модели ленточного фундамента БИГ

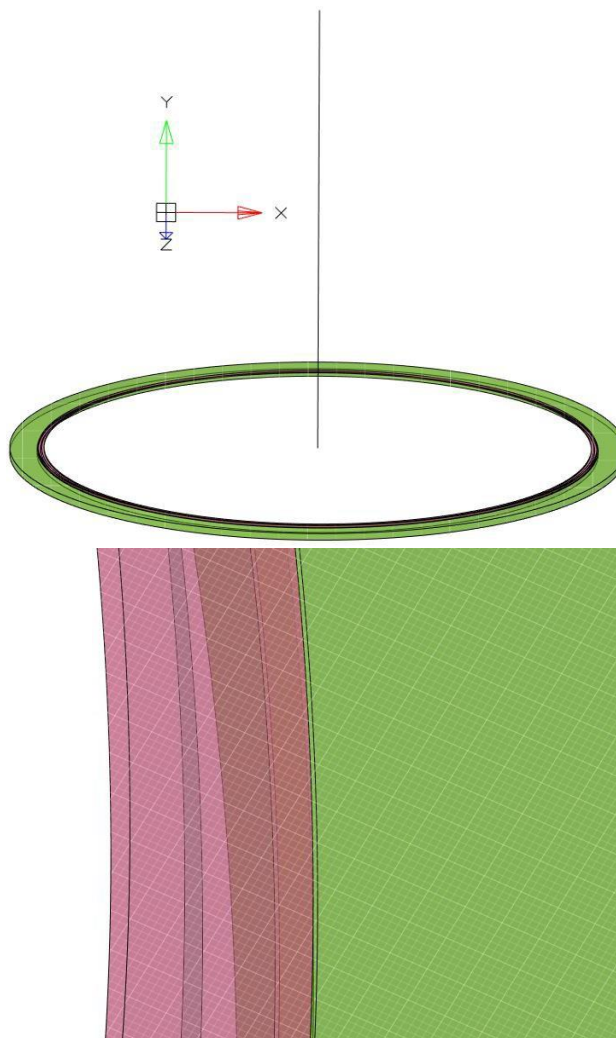


Рис. 15 Готовая трёхмерная модель ленточного фундамента БИГ
Для альтернативного поиска необходимого действия можно использовать командную строку (рис. 16).

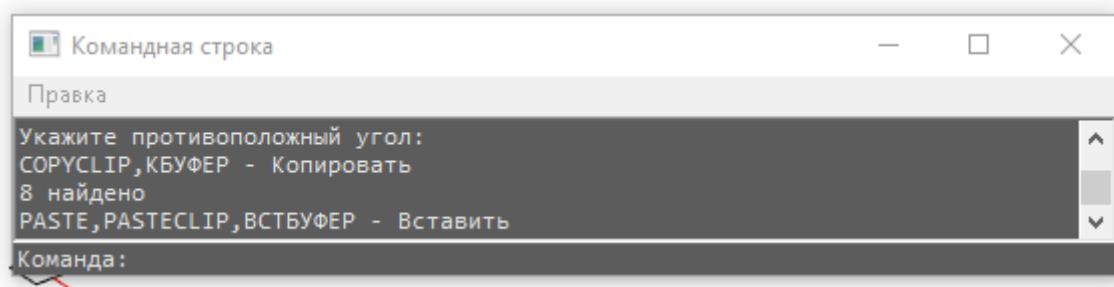


Рис. 16 Командная строка

Программа обладает полным перечнем команд для трёхмерного проектирования (рис. 17).

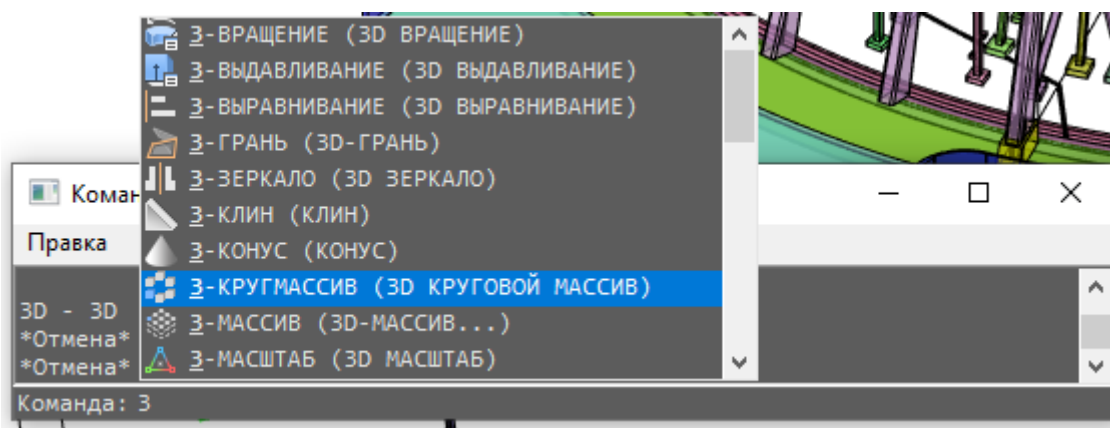


Рис. 17 Перечень трёхмерных команд в СПДС 23.0x64

3. Подколонники

1. Цель работы

1. Зарегистрировать аккаунт на портале Nanodev.ru
2. Создать запрос на учебную версию требуемого программного продукта в личном кабинете;
3. Скачать и установить платформу Nanocad, пройти регистрацию продукта.

2. Знания и умения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы

Индекс	Формулировка
ПК-9	Использование средства компьютерного моделирования в проектировании объектов капитального строительства

3. Теоретическое обоснование

Для того чтобы получить из двухмерного чертежа готовую трёхмерную модель подколонника (рис. 18) внутренней части БИГ, необходимо вытянуть боковую стену подколонника на ширину подошвы (рис. 19).

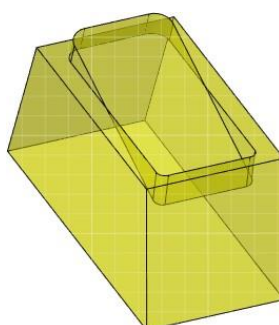


Рис. 18 Подколонник БИГ

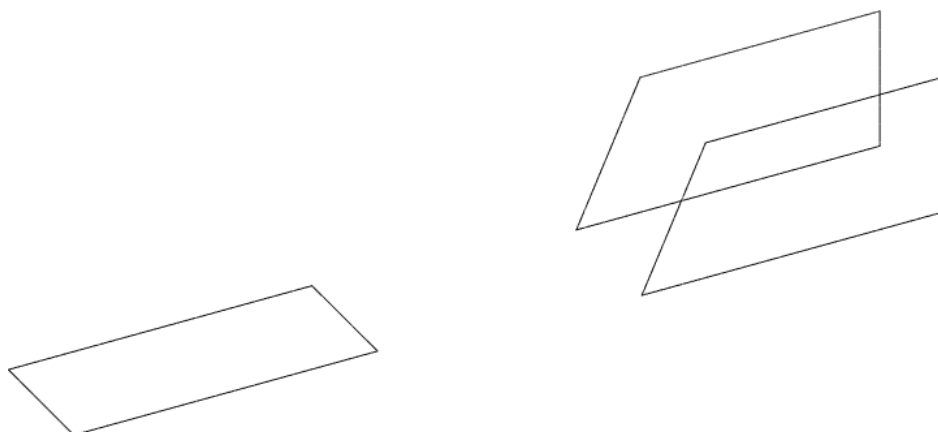


Рис. 19 Двухмерные части подколонника

После данных действий получается готовая трёхмерная основа подколонника (рис.20, 21).

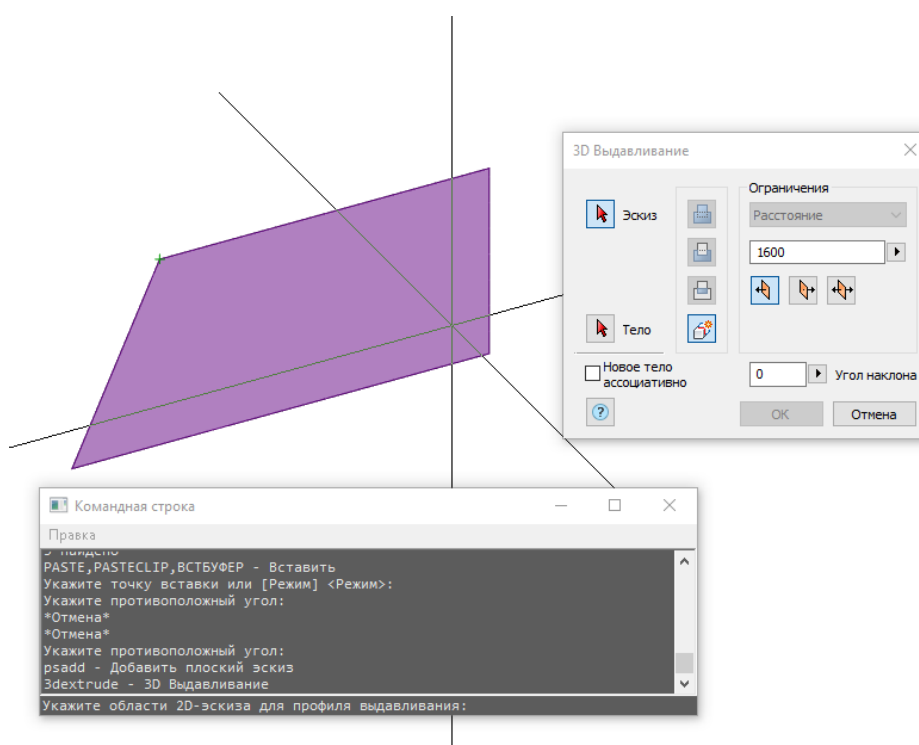


Рис. 20 Создание трёхмерной модели подколонника БИГ

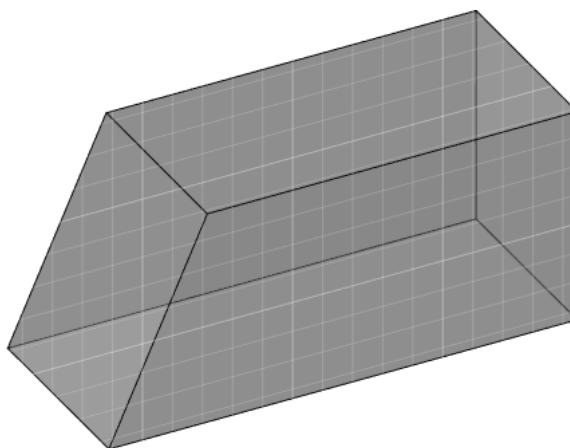


Рис. 21 Подколонник БИГ без выемки

Для того, чтобы сделать выемку под колонну в подколоннике, необходимо использовать готовую трёхмерную модель колонны и расположить её в соответствии с требуемым наклоном (рис. 22). При наличии требуемого наклона и трёхмерной модели колонны, можно расположить колонну так, что её нижняя часть будет пересекаться с подколонником.

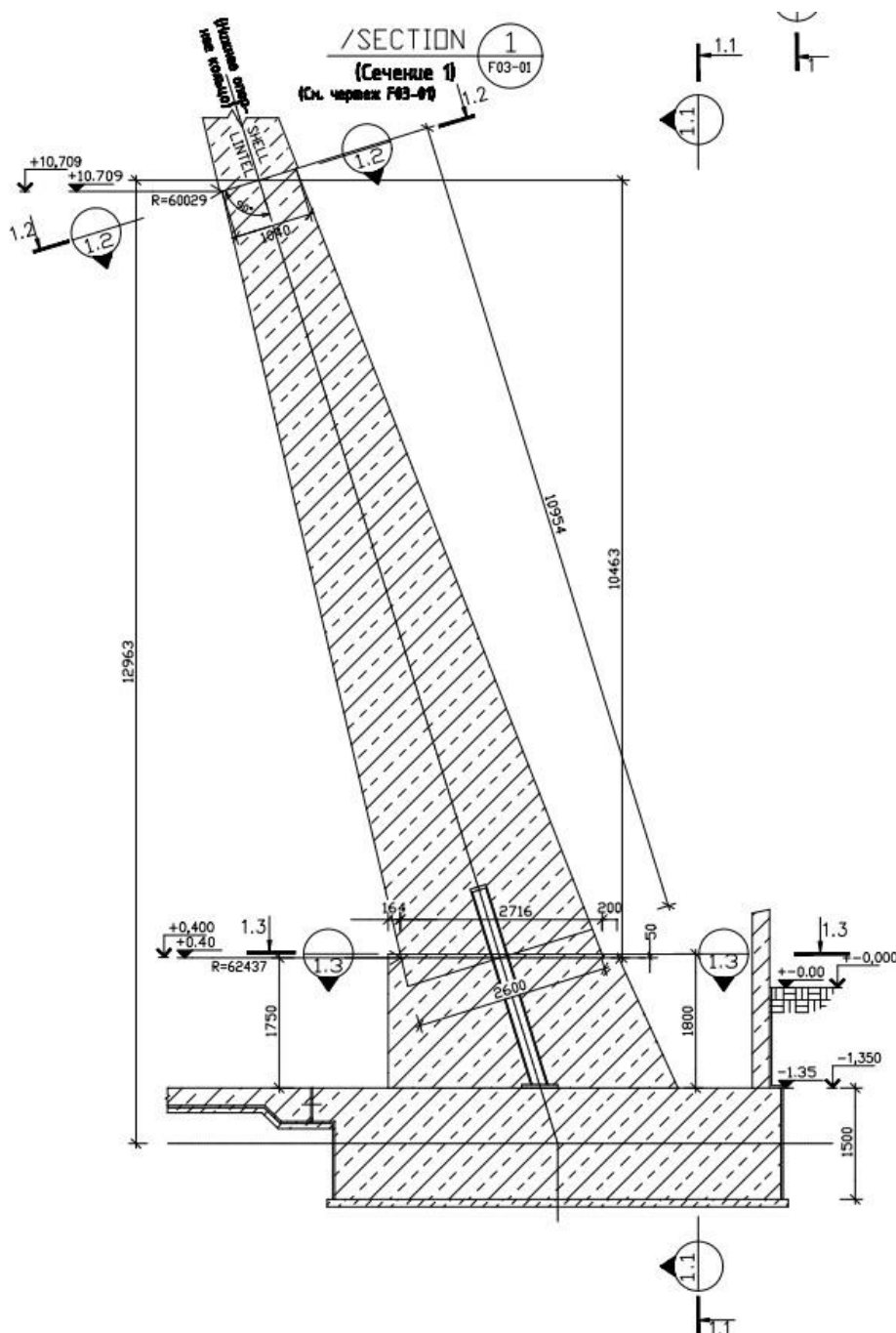


Рис. 22 Двухмерный чертёж колонны БИГ с подколонником

Для удобства были нанесены линии, соединяющие колонну с подколонником (рис.23).

После соединения линий (рис.24) необходимо сделать вычитание колонны из подколонника, для этого нужно использовать команду 3D-вычитание.

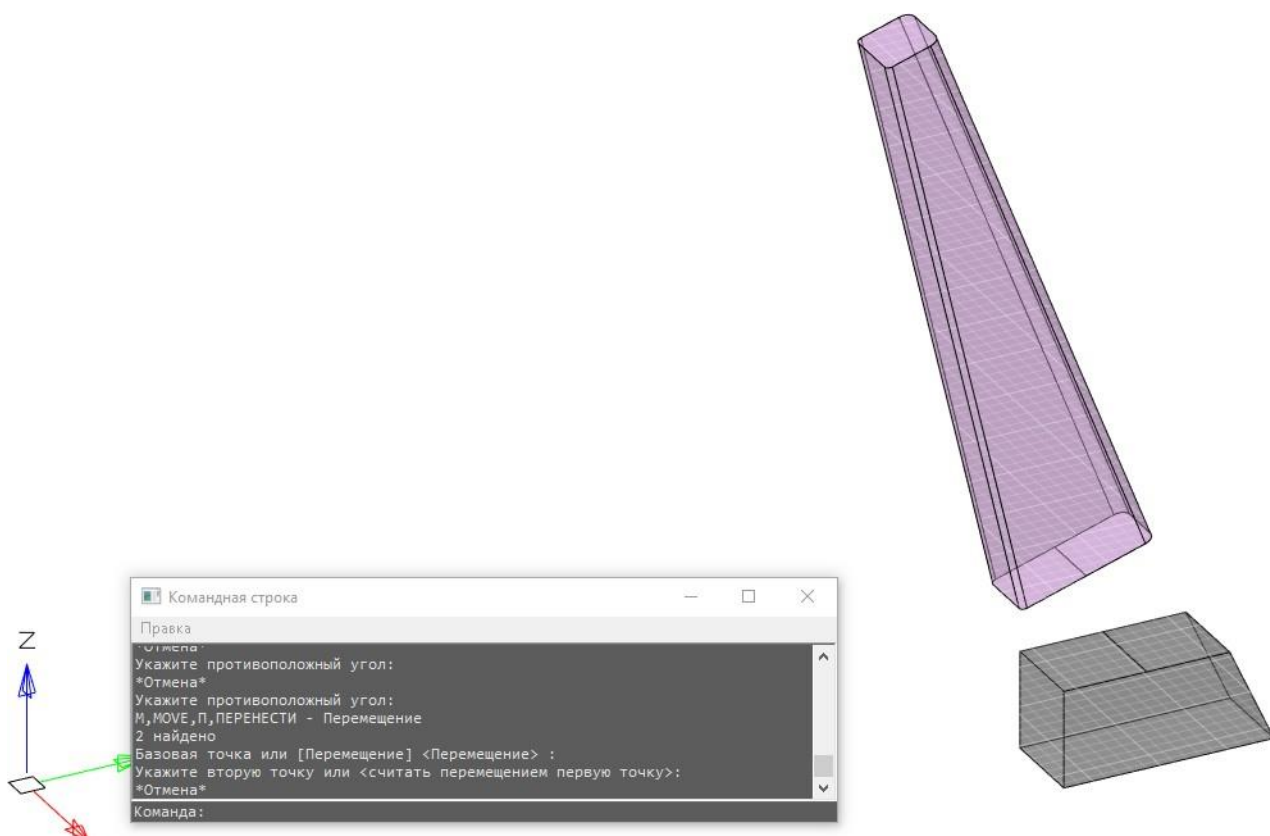


Рис. 23 Создание выемки в подколлоннике при помощи колонны

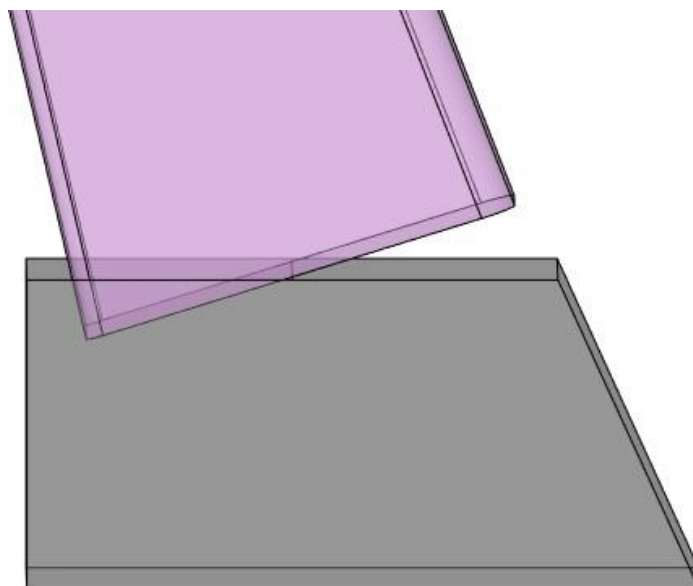


Рис. 24 Создание выемки в подколлоннике при помощи колонны

В конечном итоге получится подколлонник с выемкой под основание колонны (рис. 25).

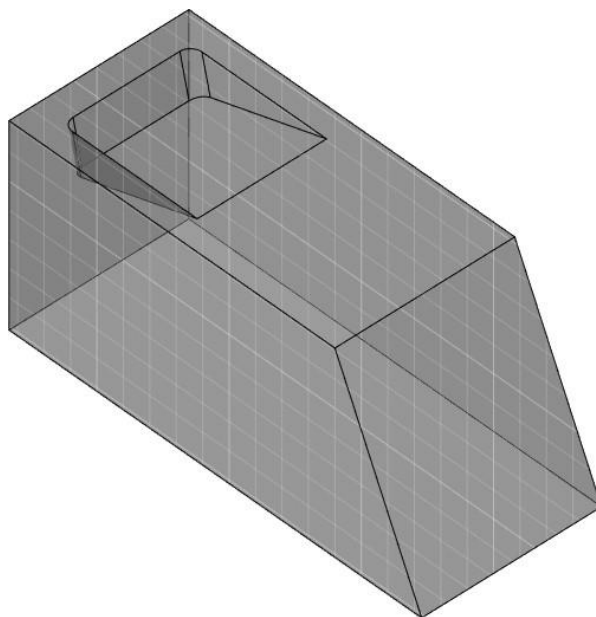


Рис. 25 Создание выемки в подколоннике при помощи колонны

Теперь нам необходимо создать на подколоннике выступ, пропорциональный по форме и объёму выемке. Для этого нам понадобится исходный блок и блок с выемкой (рис. 26).

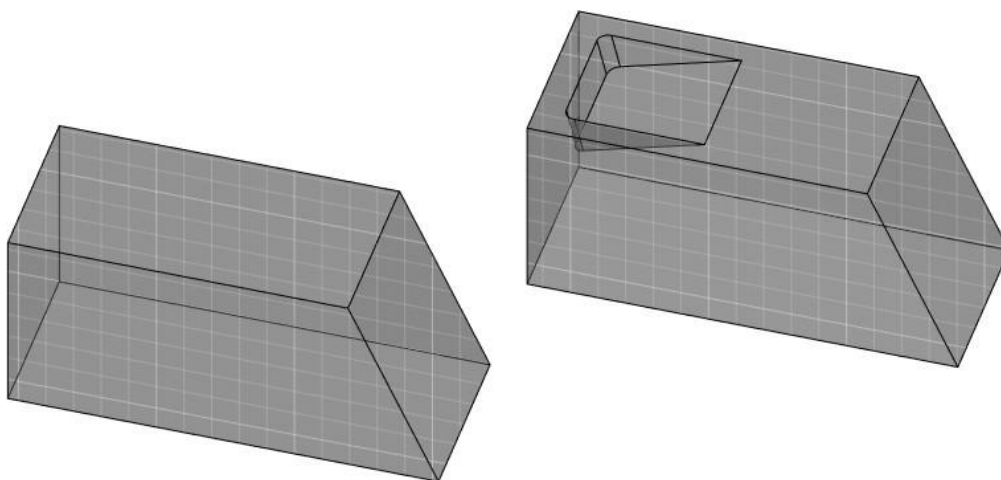


Рис. 26 Исходный блок и блок с выемкой

Необходимо наложить один блок на другой. Далее нужно обратиться к 3-D команде

– «вычитание» (рис. 27). Сперва выделяем исходный блок, затем прибегаем к команде

«вычитание» и выделяем блок с выемкой, нажимаем Enter (рис. 28).

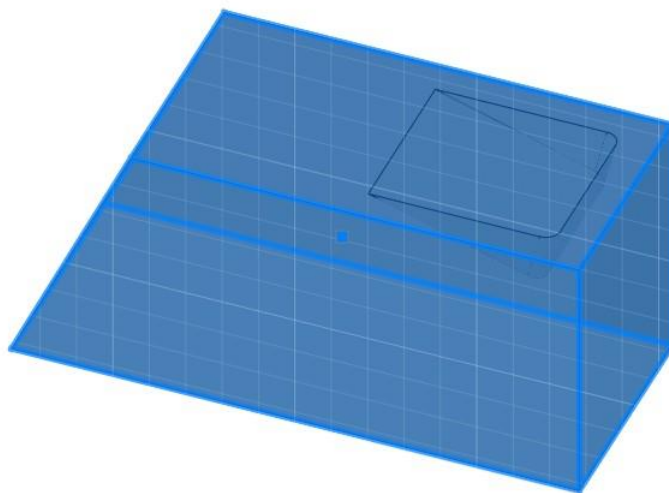
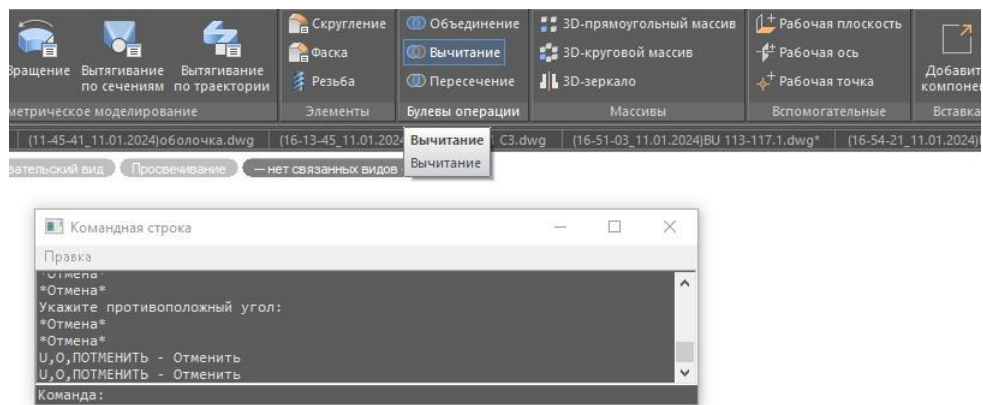


Рис. 27 Процесс создания трёхмерного выступа 1

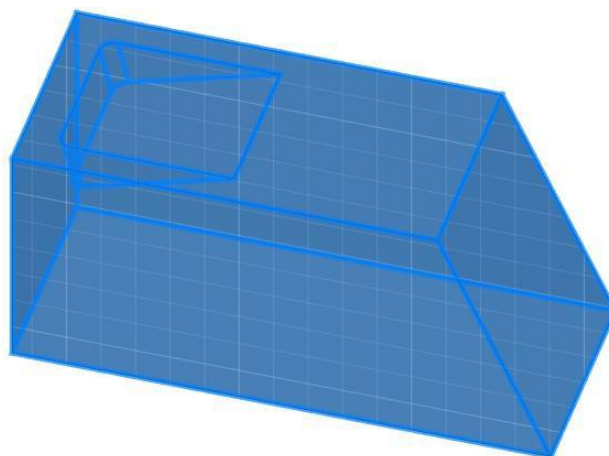


Рис. 28 Процесс создания трёхмерного выступа 2

Конечным результатом данных манипуляций является создание трёхмерного выступа, полностью пропорционального форме и объёму выемки (рис. 29).

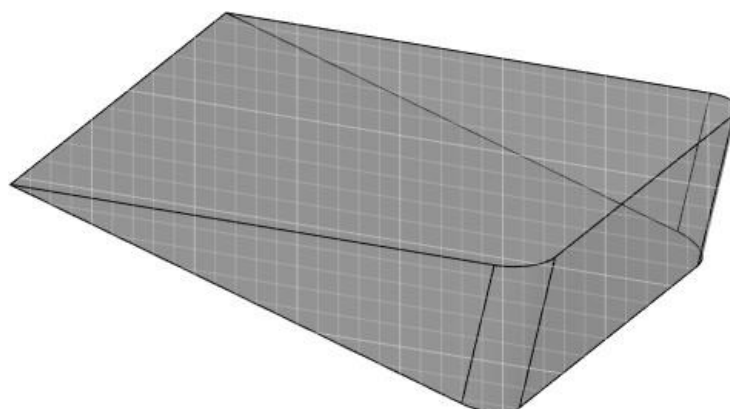


Рис. 29 Трёхмерный выступ

Чтобы завершить процесс создания трёхмерной модели подколонника, необходимо объединить подколонник с выемкой и выступ (рис. 30). Для этого накладываем их на общую линию и используем 3-D команду - «объединение». В итоге получаем готовую трёхмерную модель подколонника.

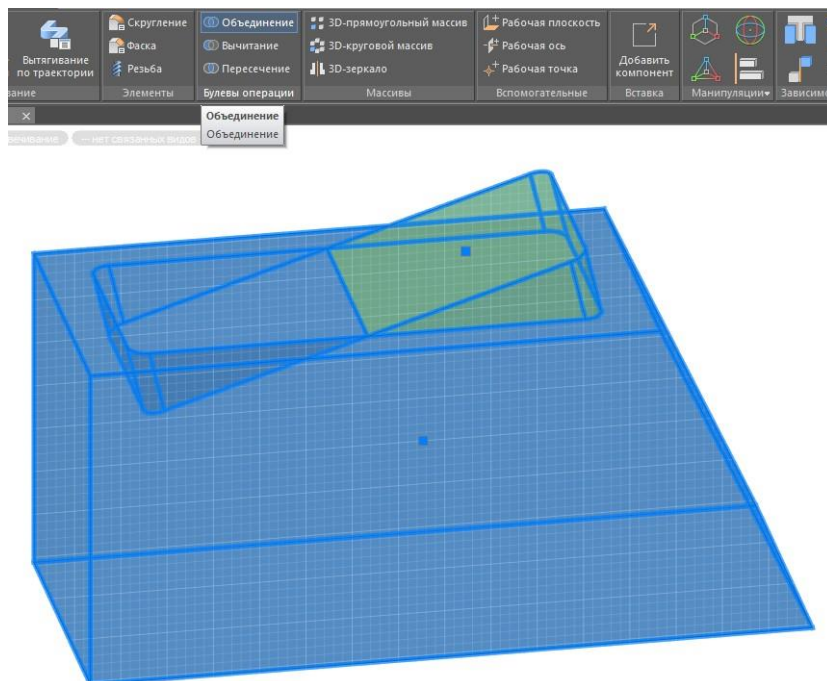


Рис. 30 Создание трёхмерной модели подколонника 1

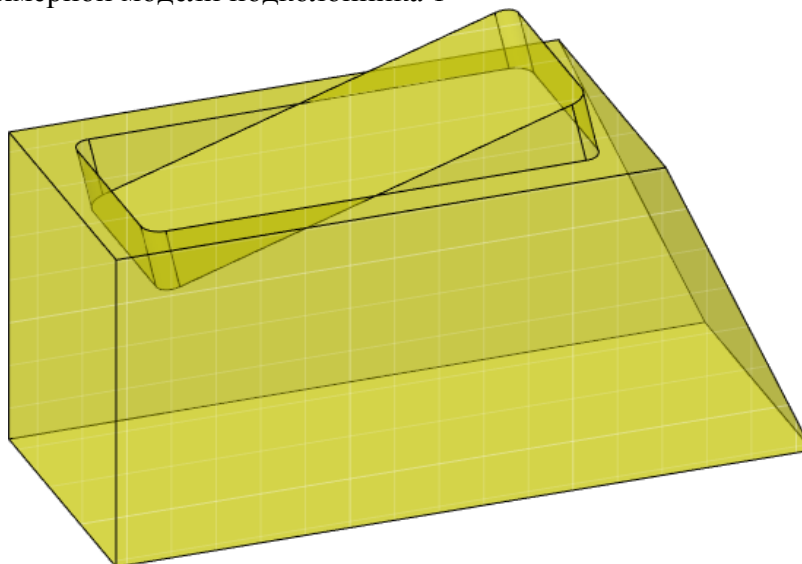


Рис. 31 Создание трёхмерной модели подколонника 2

4. Наружные колонны

1. Цель работы

1. Зарегистрировать аккаунт на портале Nanodev.ru
2. Создать запрос на учебную версию требуемого программного

продукта в личном кабинете;

3. Скачать и установить платформу Nanosad, пройти регистрацию продукта.

2. Знания и умения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы

Индекс	Формулировка
ПК-9	Использование средства компьютерного моделирования в проектировании объектов капитального строительства

3. Теоретическое обоснование

Для создания трёхмерной модели наружной колонны достаточно двухмерных чертежей её оснований и расстояния между ними (рис. 32, 33). Нижнее основание колонны будет полностью совпадать с плоскостью подколонника со стороны выемки/выступа.

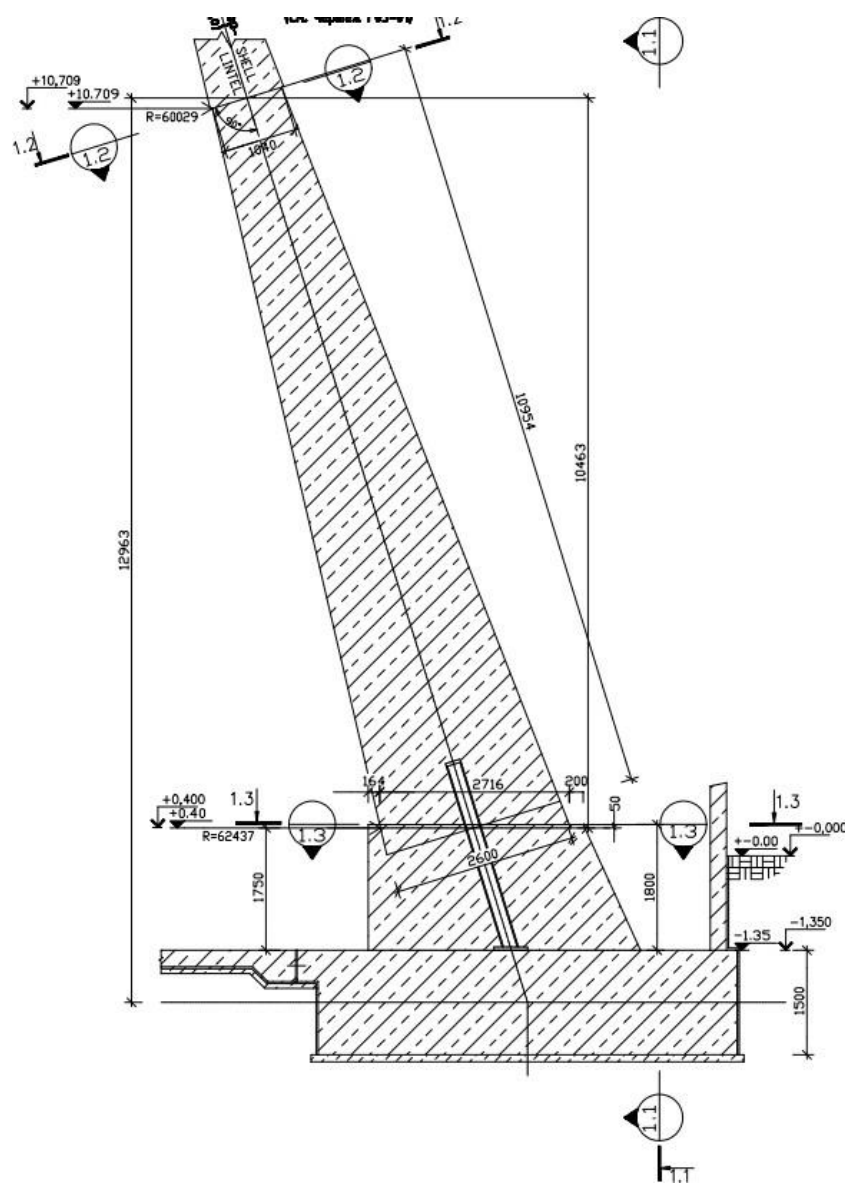
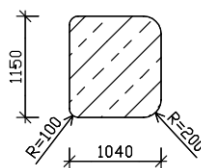


Рис. 32 Разрез наружной колонны, подколлонника и ленточного фундамента

/SECTION 1.2
(Сечение 1.2)



/SECTION 1.3
(Сечение 1.3)

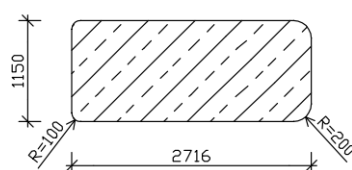


Рис. 33 Основания наружной колонны

Вычерчиваем двухмерные эскизы оснований подколлонников (рис. 34, 35), располагаем их на заданном расстоянии друг от друга. Для создания полноценной трёхмерной модели наружной колонны необходимо прибегнуть к 3-D команде – «вытягивание по сечениям».

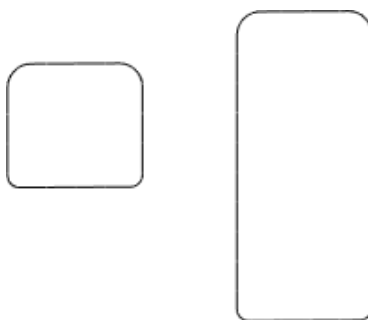


Рис. 34 Двухмерные чертежи оснований наружной колонны

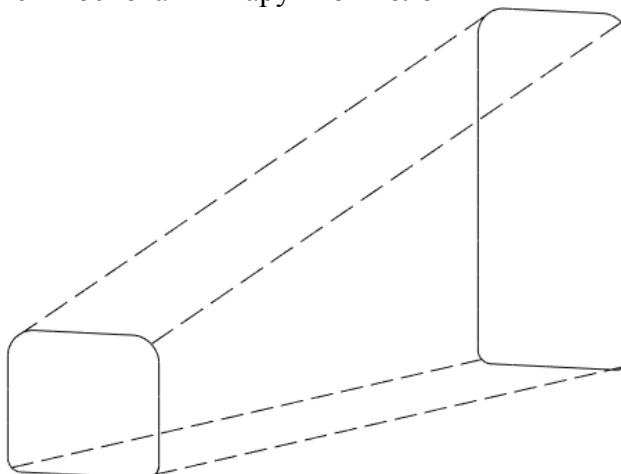


Рис. 35 Основания наружной колонны на заданном расстоянии друг от друга

Создаём эскизы из оснований наружной колонны. Затем наводим курсор на любой их эскизов. В окне с надписью «направляющие кривые» нажимаем на команду «добавить» (рис. 36, 37) и наводим курсор на следующий эскиз, нажимаем «ОК» (рис. 38). В итоге получаем трёхмерную модель наружной колонны (рис. 39).

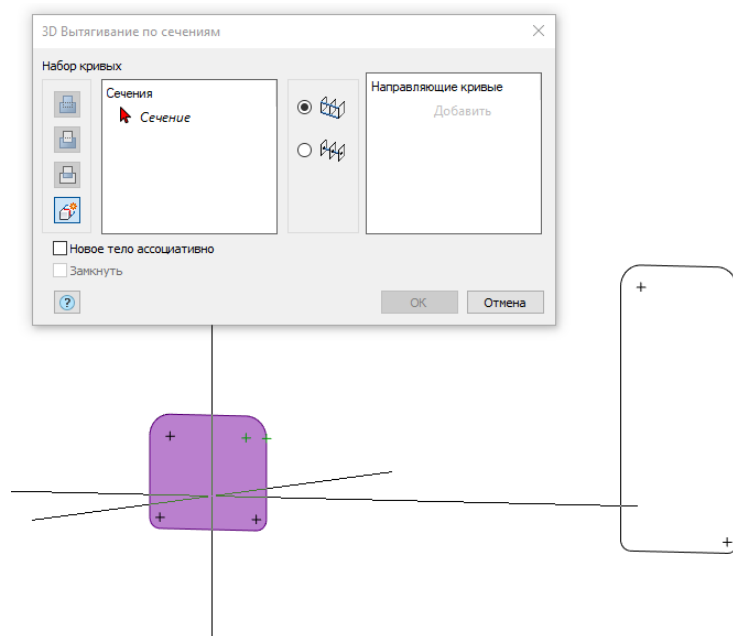


Рис. 36 Создание трёхмерной модели наружной колонны 1

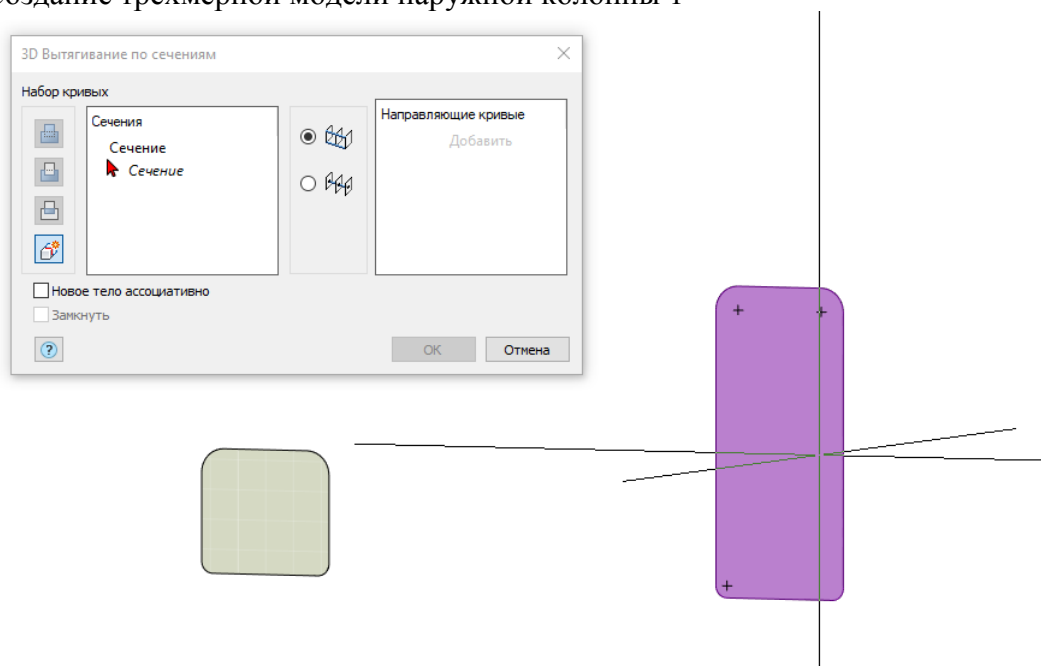


Рис. 37 Создание трёхмерной модели наружной колонны 2

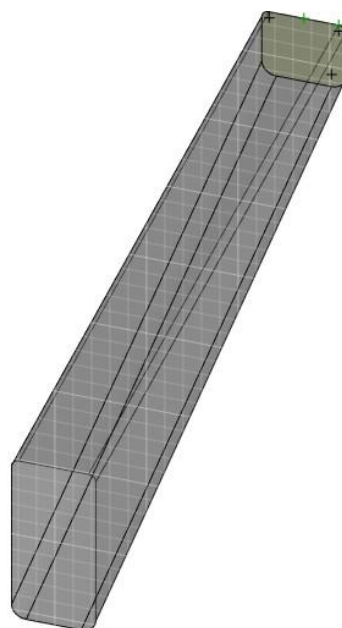
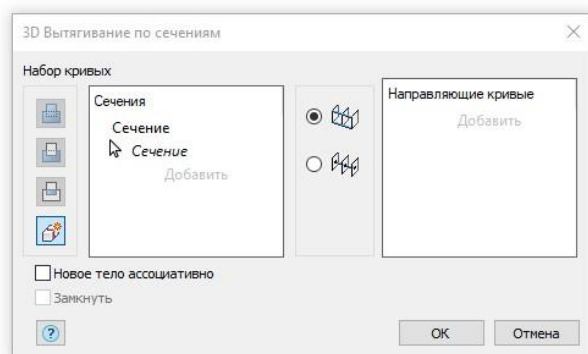


Рис. 38 Создание трёхмерной модели наружной колонны 3

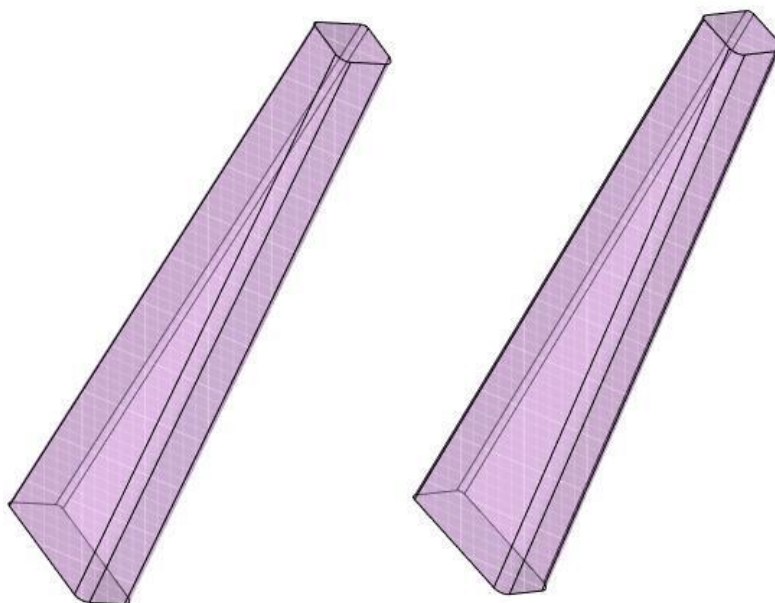


Рис. 39 трёхмерная модель наружной колонны

Колонна ставится на подколонник. Подколонники располагаются на ленточном фундаменте на заданном расстоянии друг от друга (рис. 41). Для того чтобы расположить наружные колонны и подколонники на одинаковом расстоянии – можно использовать команду 3-D круговой массив (рис. 40). Для этого будет достаточно одного эскиза и оси вращения. Эскиз откладывается от оси вращения на заданное расстояние. В графе размещение элементов можно указать шаг угла (количество элементов или градус между элементами). В моём примере был задан градус, чуть больше 8, поэтому суммарное количество подколонников и наружных колонн на них порядка 40-45 шт.

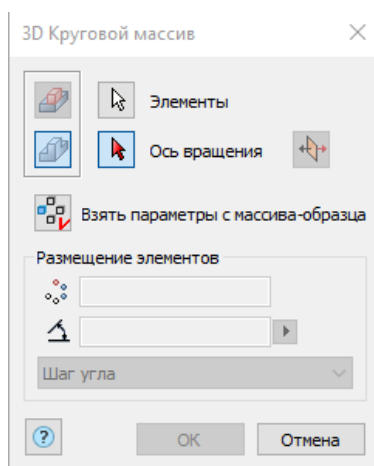


Рис. 40 Создание трёхмерной модели наружной колонны

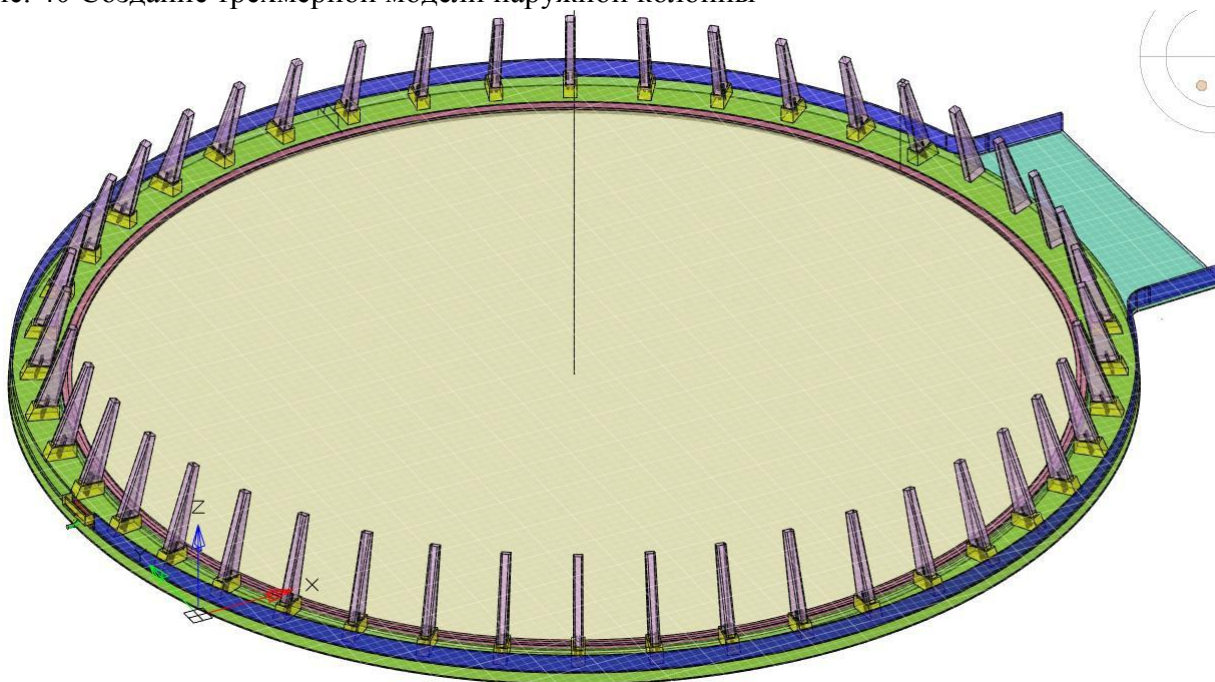


Рис. 41 Трёхмерная модель ленточного фундамента, подколонников и наружных колонн.

5. Оболочка градирни

1. Цель работы

1. Зарегистрировать аккаунт на портале Nanodev.ru
2. Создать запрос на учебную версию требуемого программного продукта в личном кабинете;
3. Скачать и установить платформу Nanocad, пройти регистрацию продукта.

2. Знания и умения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы

Индекс	Формулировка
ПК-9	Использование средства компьютерного моделирования в проектировании объектов капитального строительства

3. Теоретическое обоснование

Оболочка вытяжной башни БИГ представляет из себя многоярусную конструкцию с заданными параметрами (рис. 42).

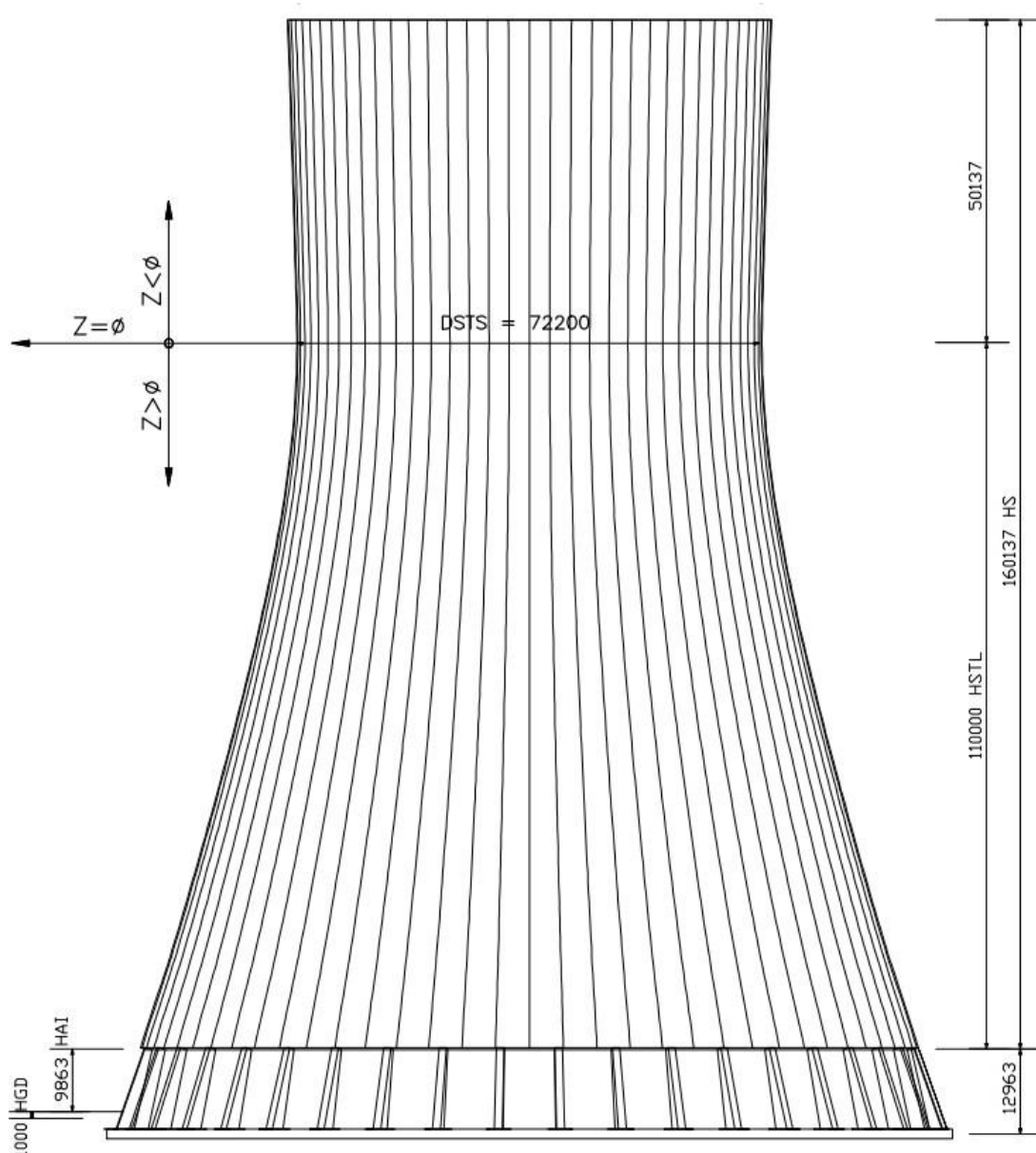


Рис. 42 Чертёж наружной части БИГ

Оболочка вытяжной башни БИГ имеет следующие параметры (рис.43):

- Отметки высот
- Толщина стены
- Ближний радиус
- Дальний радиус

(Верхнее кольцо оболочки)
(См. чертеж F04-05)

(Масштаб 1:200)

Shell top ring
see drawing F04-05

P	RP	(m)	TP
	37.215		
		158.637	
	37.217	157.840	.359
108	37.222	158.341	.306
105	37.227	154.842	.253
104	37.231	153.343	.200
103	37.183	151.843	.200
102	37.135	150.344	.200
101	37.087	148.845	.200
100	37.039	147.346	.200
99	36.991	145.846	.200
98	36.943	144.347	.200

Рис. 43 Параметры оболочки БИГ

Данные параметры были даны в общей таблице (рис. 44). Всего оболочка насчитывает 108 ярусов и для каждого из них есть собственные параметры. После того, как данные были переписаны в MS Excel (рис. 45) – стало возможным сделать чертёж расположения точек для каждого из этих ярусов. Далее необходимо объединить полученные точки для оболочки и создать из них эскиз. Данный общий эскиз будет единым для всех уровней ярусов. Осью вращения выступит суммарная высота каждого из ярусов (рис. 46, 47).

№ точки яруса	Отметка В		Толщина	Радиус	Радиус	№ яруса	Длина образующей(мм)		Тангенс угла наклона внутренней поверхности (ASIF)
	отн.	абс.	ТР	R1	R2		по ярусам	нараста- ющая суммарная	
	(м)	(м)	(мм)	(мм)	(мм)		LL	(9)	
P109	171	160.137	0.435	37.215	37.648	Я109	1.6	163.297	-
P108	169.4	158.537	0.383	37.215	37.598	Я108	0.697	161.697	0
P107	168.703	157.84	0.359	37.217	37.576	Я107	1.5	161	0
P106	167.204	156.341	0.306	37.222	37.528	Я106	1.5	159.5	0
P105	165.705	154.842	0.253	37.227	37.48	Я105	1.5	158	-0.027
P104	164.206	153.343	0.2	37.231	37.431	Я104	1.5	156.5	-0.032
P103	162.706	151.843	0.2	37.183	37.383	Я103	1.5	155	-0.032
P102	161.207	150.344	0.2	37.135	37.335	Я102	1.5	153.5	-0.032
P101	159.708	148.845	0.2	37.087	37.28	Я101	1.5	152	-0.032
P100	158.209	147.346	0.2	37.039	37.239	Я100	1.5	150.5	-0.032
P99	156.709	145.846	0.2	36.991	37.191	Я99	1.5	149	-0.032
P98	155.21	144.347	0.2	36.943	37.143	Я98	1.5	147.5	-0.032
P97	153.711	142.848	0.2	36.895	37.095	Я97	1.5	146	-0.032
P96	152.212	141.349	0.2	36.847	37.047	Я96	1.5	144.5	-0.032
P95	150.712	139.849	0.2	36.8	37	Я95	1.5	143	-0.032
P94	149.213	138.35	0.2	36.752	36.952	Я94	1.5	141.5	-0.032
P93	147.714	136.851	0.2	36.704	36.904	Я93	1.5	140	-0.032
P92	146.215	135.352	0.2	36.657	36.855	Я92	1.5	138.5	-0.032
P91	144.715	133.852	0.2	36.61	36.81	Я91	1.5	137	-0.031
P90	143.216	132.353	0.2	36.563	36.763	Я90	1.5	135.5	-0.031
P89	141.717	130.854	0.2	36.516	36.716	Я89	1.5	134	-0.031
P88	140.218	129.355	0.2	36.469	36.667	Я88	1.5	132.5	-0.031
P87	138.718	127.855	0.2	36.423	36.623	Я87	1.5	131	-0.031
P86	137.219	126.356	0.2	36.377	36.577	Я86	1.5	129.5	-0.031
P85	135.72	124.857	0.2	36.331	36.531	Я85	1.5	128	-0.03
P84	134.22	123.357	0.2	36.286	36.486	Я84	1.5	126.5	-0.029
P83	132.721	121.858	0.2	36.242	36.442	Я83	1.5	125	-0.029
P82	131.221	120.358	0.2	36.199	36.399	Я82	1.5	123.5	-0.028
P81	129.722	118.859	0.2	36.157	36.357	Я81	1.5	122	-0.026
P80	128.222	117.359	0.2	36.118	36.318	Я80	1.5	120.5	-0.024

Рис. 44 Таблица параметров оболочки БИГ

77	33	46,256	47,902	0,24	-0,395	1,447	0	1,447	46,256
78	32	46,651	46,455	0,24	-0,397	1,447	0	1,447	46,651
79	31	47,048	45,008	0,24	-0,4	1,445	0	1,445	47,048
80	30	47,448	43,563	0,24	-0,403	1,445	0	1,445	47,448
81	29	47,851	42,118	0,24	-0,405	1,444	0	1,444	47,851
82	28	48,256	40,674	0,24	-0,408	1,444	0	1,444	48,256
83	27	48,664	39,23	0,24	-0,41	1,443	0	1,443	48,664
84	26	49,074	37,787	0,24	-0,412	1,442	0	1,442	49,074
85	25	49,486	36,345	0,24	-0,414	1,442	0	1,442	49,486
86	24	49,9	34,903	0,24	-0,416	1,441	0	1,441	49,9
87	23	50,316	33,462	0,24	-0,418	1,44	0	1,44	50,316
88	22	50,734	32,022	0,24	-0,42	1,441	0	1,441	50,734
89	21	51,154	30,581	0,24	-0,421	1,439	0	1,439	51,154
90	20	51,575	29,142	0,24	-0,423	1,439	0	1,439	51,575
91	19	51,998	27,703	0,24	-0,425	1,439	0	1,439	51,998
92	18	52,423	26,264	0,24	-0,426	1,438	0	1,438	52,423
93	17	52,849	24,826	0,24	-0,428	1,438	0	1,438	52,849
94	16	53,277	23,388	0,24	-0,428	1,437	0	1,437	53,277
95	15	53,705	21,951	0,24	-0,43	1,437	0	1,437	53,705
96	14	54,135	20,514	0,24	-0,432	1,437	0	1,437	54,135
97	13	54,567	19,077	0,24	-0,432	1,436	0	1,436	54,567
98	12	54,999	17,641	0,24	-0,434	1,436	0	1,436	54,999
99	11	55,433	16,205	0,24	-0,435	1,435	0	1,435	55,433
100	10	55,868	14,77	0,24	-0,436	1,435	0	1,435	55,868
101	9	56,304	13,335	0,24	-0,432	1,436	-0,008	1,436	56,304
102	8	56,736	11,899	0,248	-0,432	1,437	-0,014	1,437	56,736
103	7	57,168	10,462	0,262	-0,432	1,436	-0,013	1,436	57,168
104	6	57,6	9,026	0,275	-0,433	1,436	-0,014	1,436	57,6
105	5	58,033	7,59	0,289	-0,426	1,439	-0,03	1,439	58,033
106	4	58,459	6,151	0,319	-0,377	1,452	-0,135	1,452	58,459
107	3	58,836	4,699	0,454	-0,377	1,451	-0,134	1,451	58,836
108	2	59,213	3,248	0,588	-0,339	1,462	-0,215	1,462	59,213
109	1	59,552	1,786	0,803	-0,448	1,949	-0,297	1,949	59,552
110	0	60	-0,163	1,1	60	-0,163	1,1	-0,163	0
111					0	0	0	0	
112									
113					радиус	высота	толщина		

Рис. 45 Параметры оболочки БИГ в MS Excel

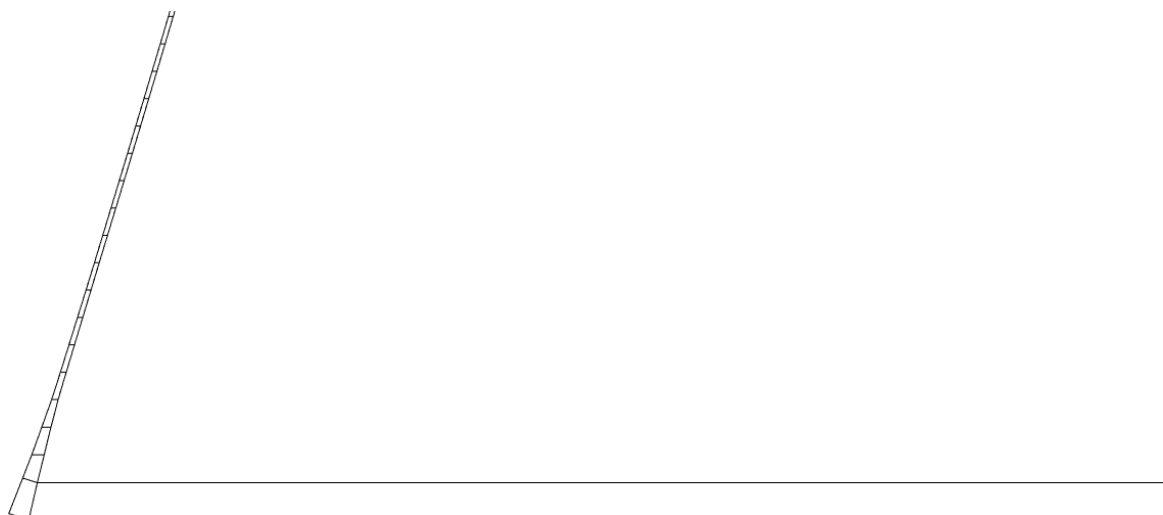


Рис. 46 Создание оболочки вытяжной башни БИГ 1

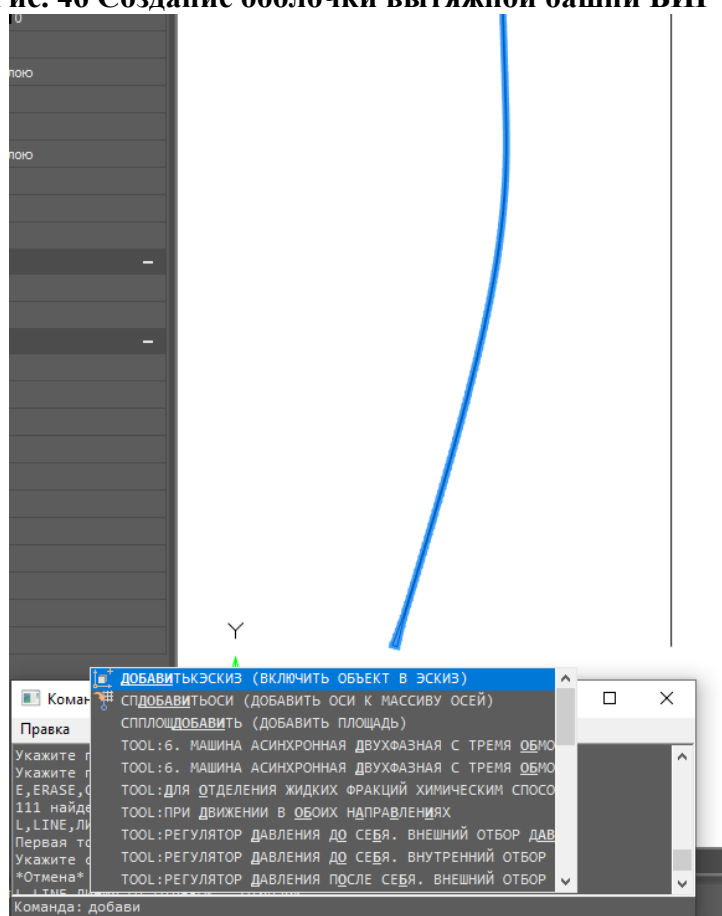


Рис. 47 Создание оболочки вытяжной башни БИГ 2

Далее при помощи команды 3D – вращение создаём трёхмерную оболочку БИГ вокруг центральной оси (рис. 48, 49). В итоге у нас получится полноценная трёхмерная модель оболочки наружной части БИГ с соблюдением всех заданных параметров (рис. 50).

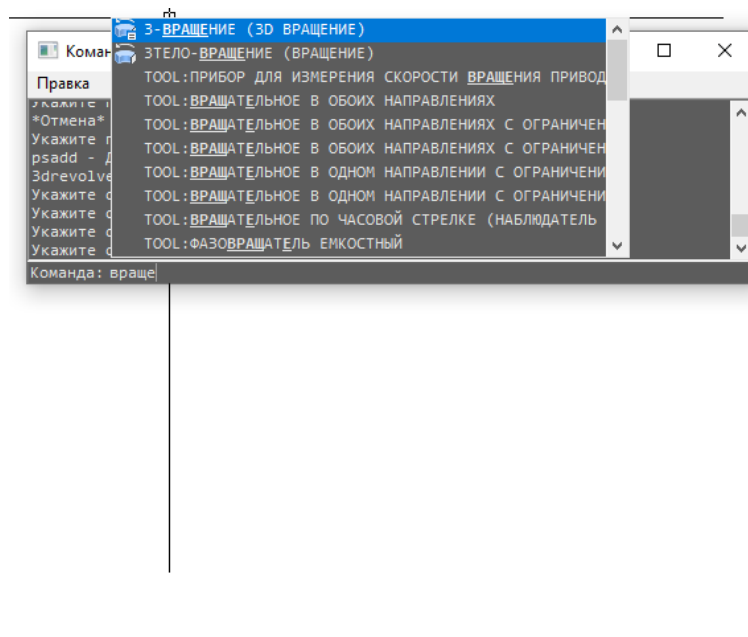


Рис. 48 Создание оболочки вытяжной башни БИГ 3

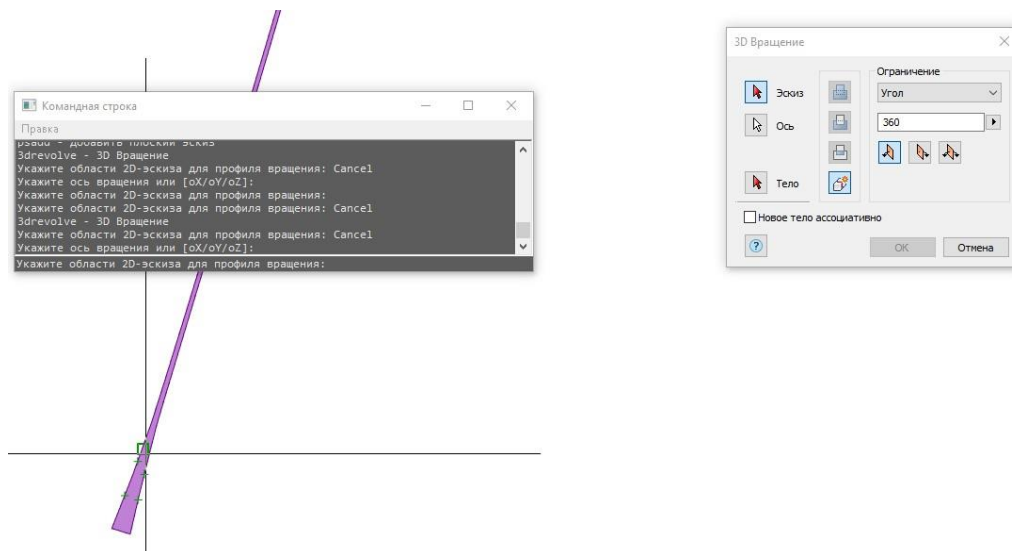


Рис. 49 Создание оболочки вытяжной башни БИГ 4

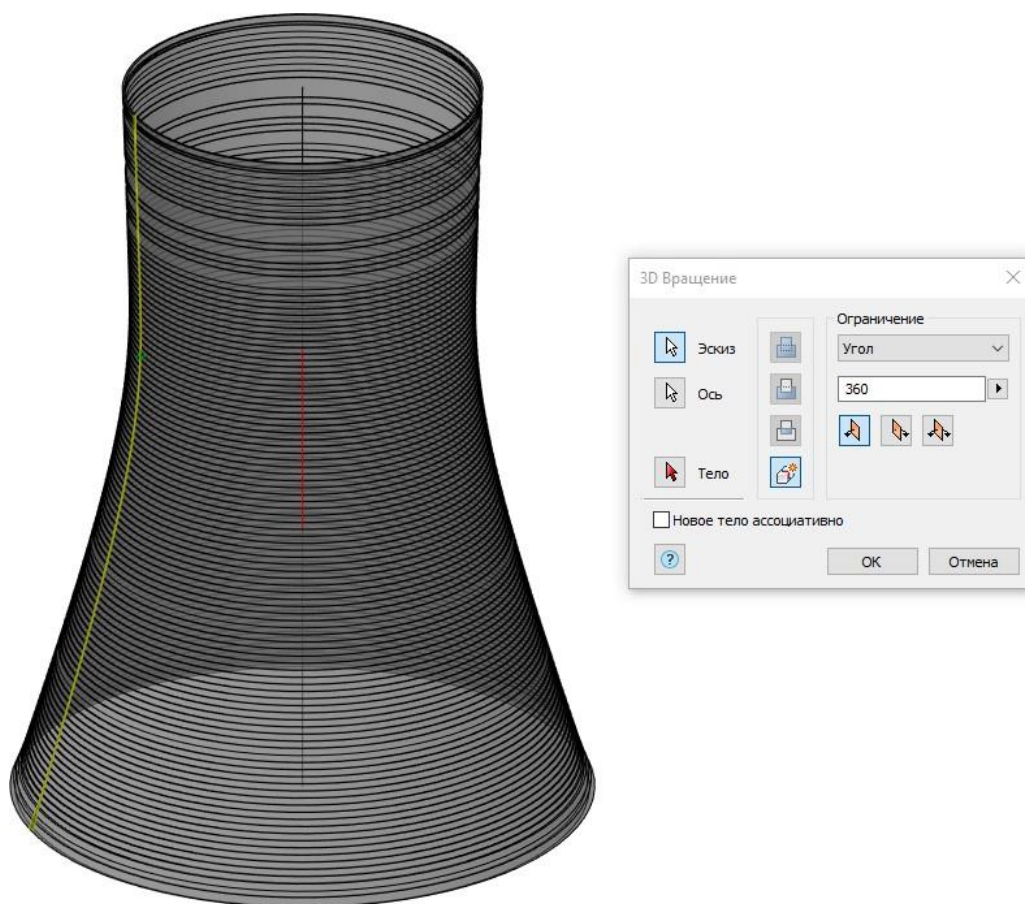


Рис. 50 Оболочка вытяжной башни БИГ

6 А-образные рамы

1. Цель работы

1. Зарегистрировать аккаунт на портале Nanodev.ru
2. Создать запрос на учебную версию требуемого программного продукта в личном кабинете;
3. Скачать и установить платформу Nanocad, пройти регистрацию продукта.

2. Знания и умения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы

Индекс	Формулировка
ПК-9	Использование средства компьютерного моделирования в проектировании объектов капитального строительства

3. Теоретическое обоснование

Внутренняя часть БИГ состоит из множества строительных элементов, среди них(рис.51):

- Внутренние колонны
- А-образные рамы
- Экраны ветровых перегородок
- Водораспределительные шахты
- Балки
- Оросители

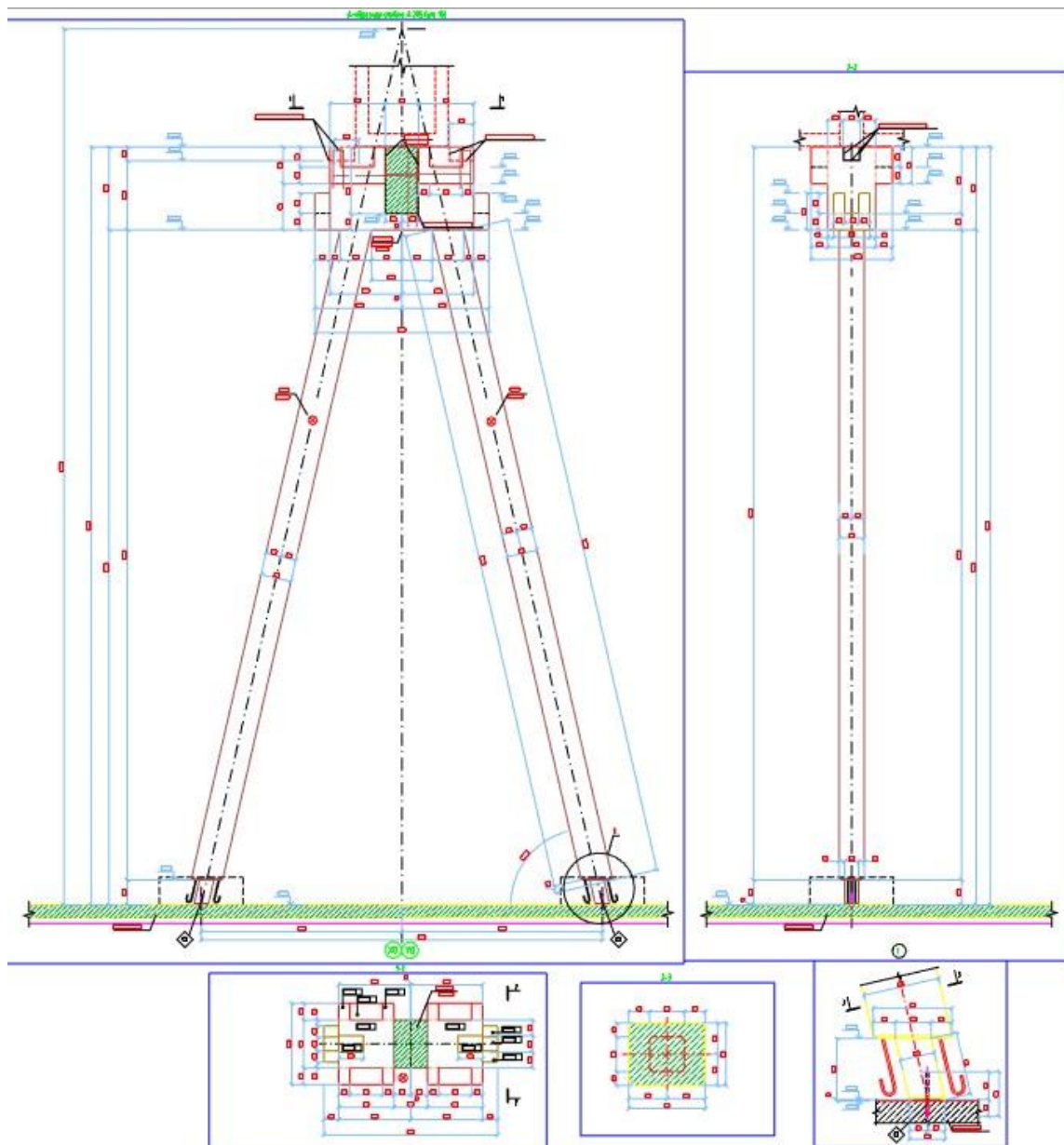


Рис. 51 Двухмерный чертёж А-образной балки

А-образные рамы расположены по периметру внутренней части градирни, а также вдоль и поперёк бассейна плиты. На них располагаются водораспределительные шахты.

А-образных рам количественно меньше, чем внутренних колонн и состоят они из

основания, тела и верхней части. Для создания трёхмерной модели А-образной рамы необходимо из двухмерной модели (рис. 52) поэлементно создать трёхмерные модели и объединить их в одну модель. Для этого нужно преобразовать двухмерный чертёж основания А-образной рамы в трёхмерную модель (рис. 53). После команды 3D – выдавливание, нужно будет копировать полученное основание, и расположить его на необходимом расстоянии от исходного основания (рис. 55).

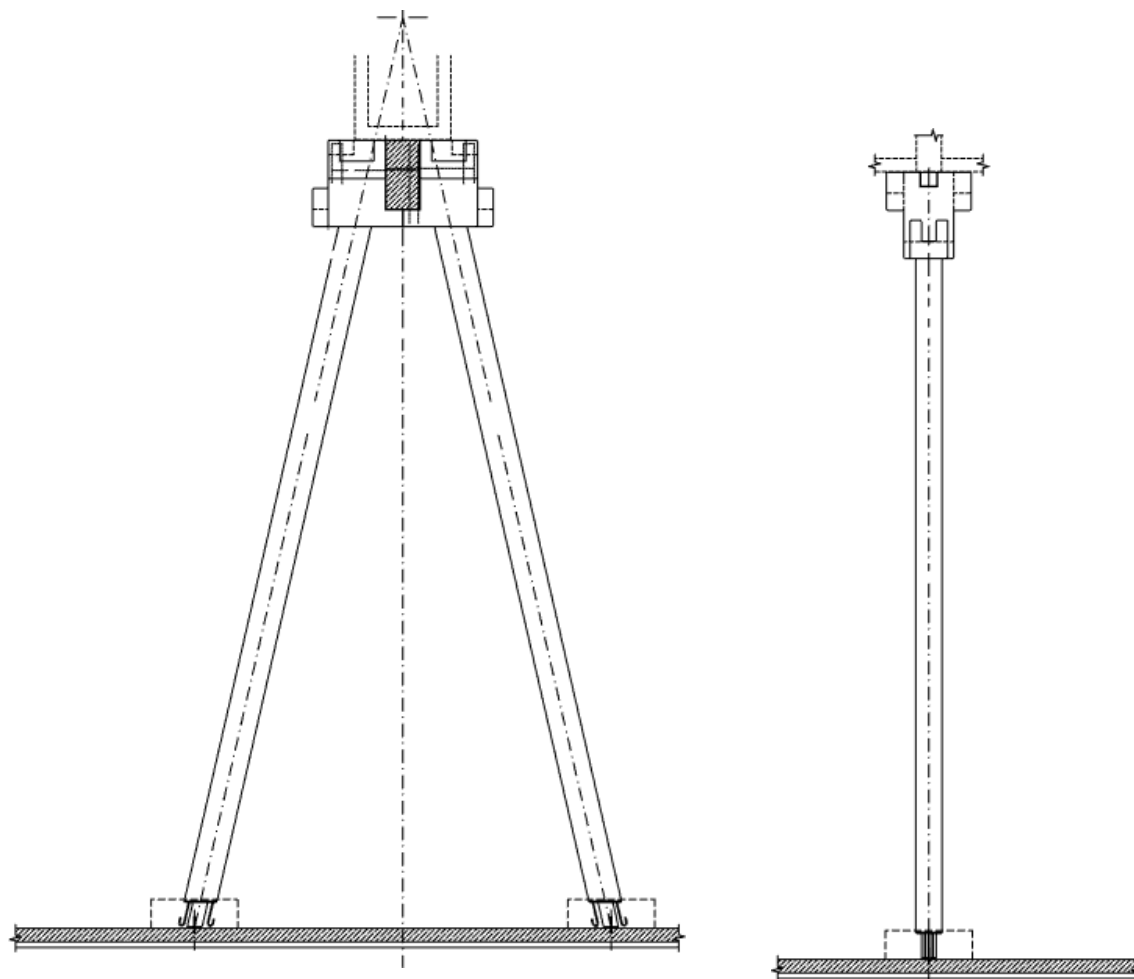


Рис. 52 Двухмерная модель А-образной рамы

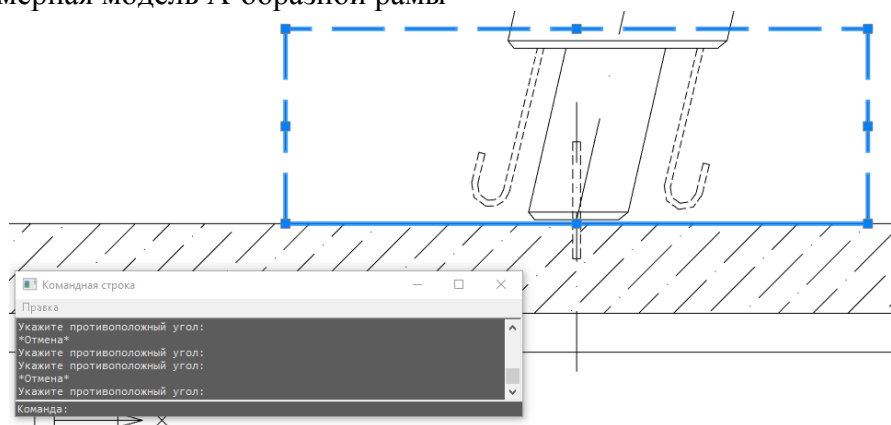


Рис. 53 основание А-образной рамы

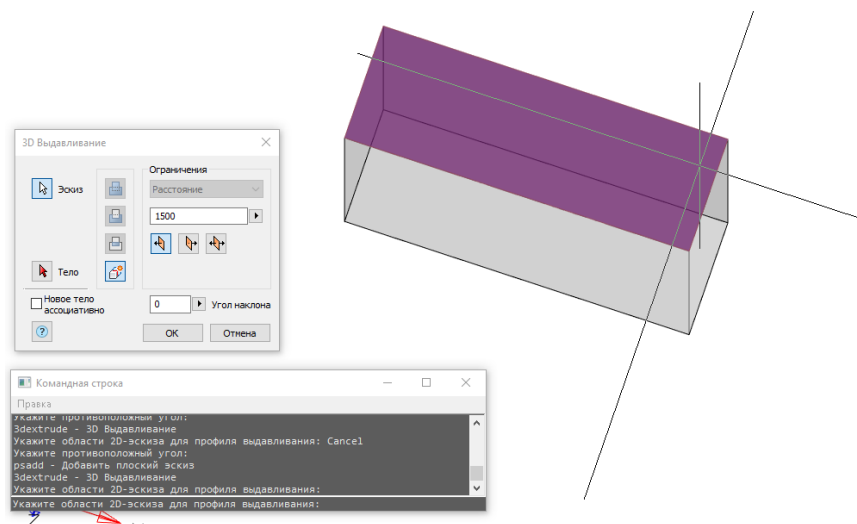


Рис. 54 создание трёхмерной модели основания А-образной рамы

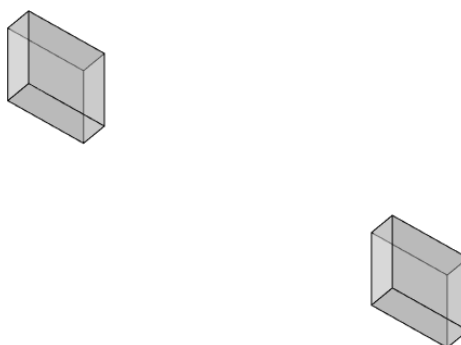


Рис. 55 Основания трёхмерной модели А-образной рамы

Следующим шагом будет создание трёхмерной модели тела А-образной рамы. Аналогично нужно будет проделать такие же манипуляции, как и с основанием. После того, как у нас появилась готовая трёхмерная модель тела А-образной рамы, нам будет необходимо сделать с каждой грани по фаске. Для этого используем команду 3D-фаска (рис. 58). В меню параметров выбираем все необходимые грани, которые нужно «сгладить», задаем необходимое расстояние для каждой из плоскостей, граничащих с гранью (рис. 59). В итоге получаем готовую трёхмерную модель тела А-образной рамы (рис. 60).

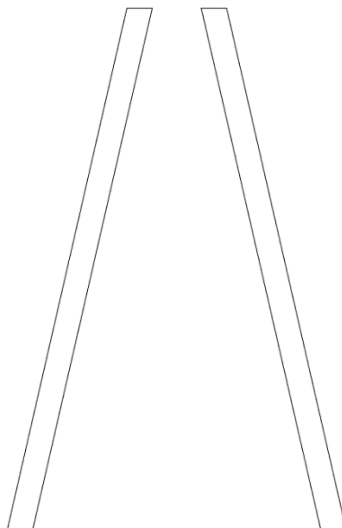


Рис. 56 Двухмерная модель тела А-образной рамы

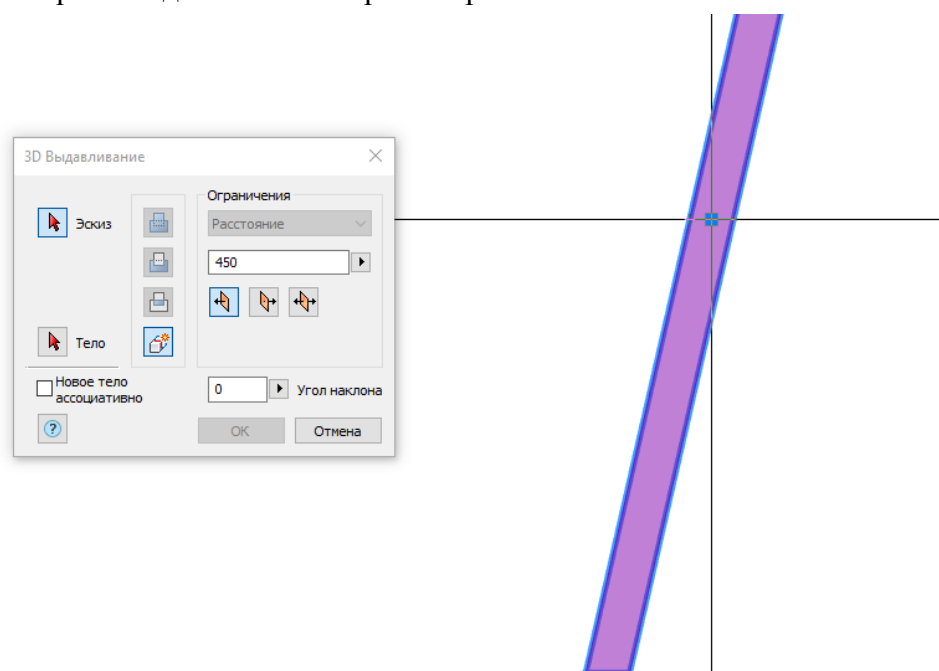


Рис. 57 Создание трёхмерной модели тела А-образной рамы

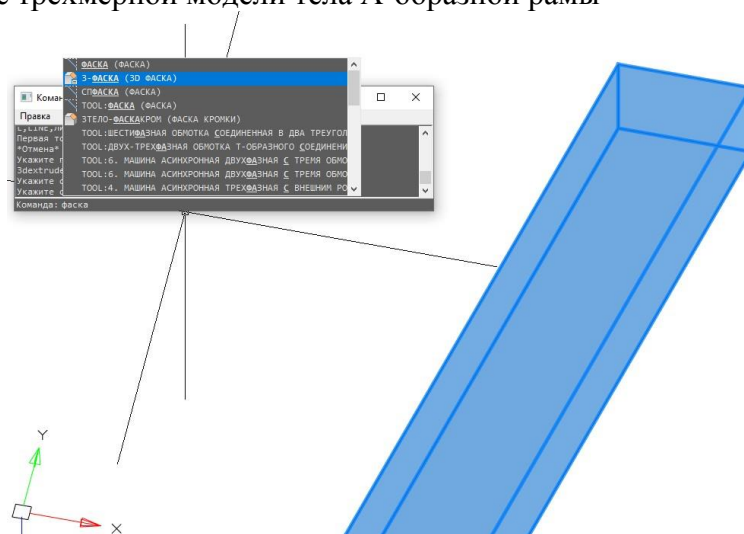


Рис. 58 создание трёхмерной модели тела А-образной рамы

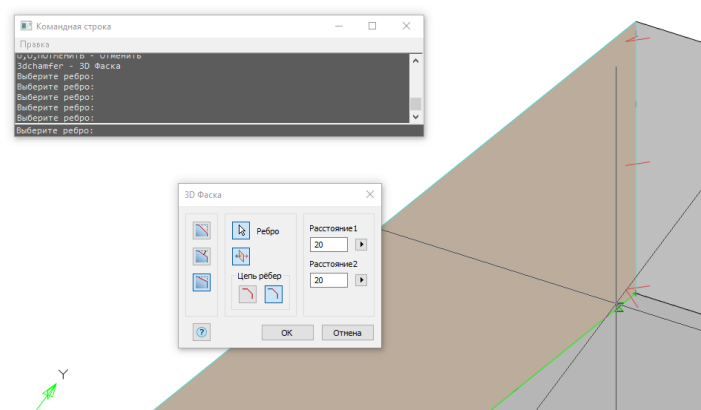


Рис. 59 создание трёхмерной модели тела А-образной рамы

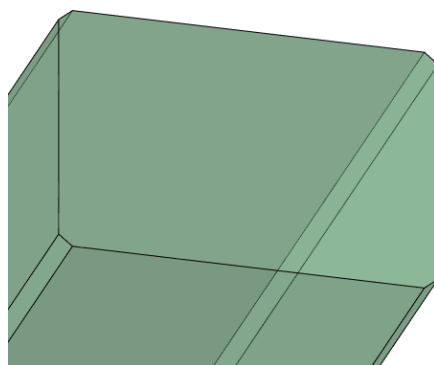


Рис. 60 создание трёхмерной модели А-образной рамы

Последним элементом в конструкции А-образной рамы является верхняя часть (рис. 61), имеющая очень сложную форму. Чтобы упростить процесс создания многогранника – нужно разбить сложную трёхмерную фигуру на множество простых фигур. Далее нужно по отдельности каждую двухмерную модель преобразовать в трёхмерную модель. После того, как будут созданы необходимые элементы – нужно их объединить в один общий элемент при помощи команды 3D-объединение. При помощи команды 3D-фаска сглаживаем все необходимые грани, получаем готовую трёхмерную модель верхней части А-образной рамы (рис. 61). В конце объединяем основание, тело и верхнюю часть А-образной рамы в один трёхмерный объект (рис. 62).

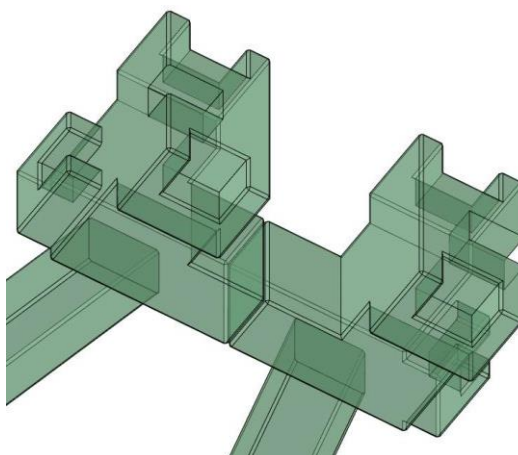


Рис. 61 Трёхмерная модель верхней части А-образной рамы

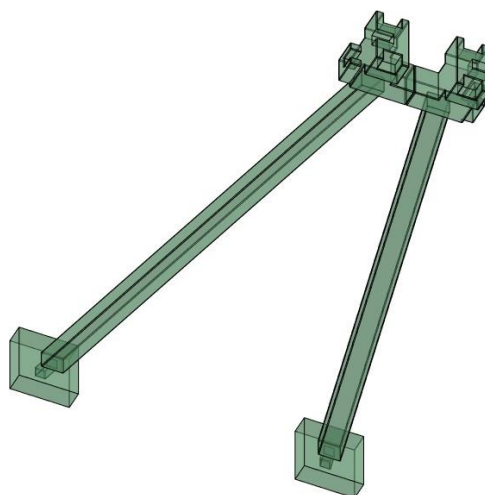


Рис. 62 Трёхмерная модель А-образной рамы

7 Внутренние колонны

1. Цель работы

1. Зарегистрировать аккаунт на портале Nanodev.ru
2. Создать запрос на учебную версию требуемого программного продукта в личном кабинете;
3. Скачать и установить платформу Nanocad, пройти регистрацию продукта.

2. Знания и умения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы

Индекс	Формулировка
ПК-9	Использование средства компьютерного моделирования в проектировании объектов капитального строительства

3. Теоретическое обоснование

Внутренние колонны расположены по всей площади внутренней части БИГ и служат для расположения на них балок. Их количество и вариативность больше, чем у А-образных рам. Преобразование двухмерного чертежа в трёхмерную модель осуществляется аналогичным способом как ранее.

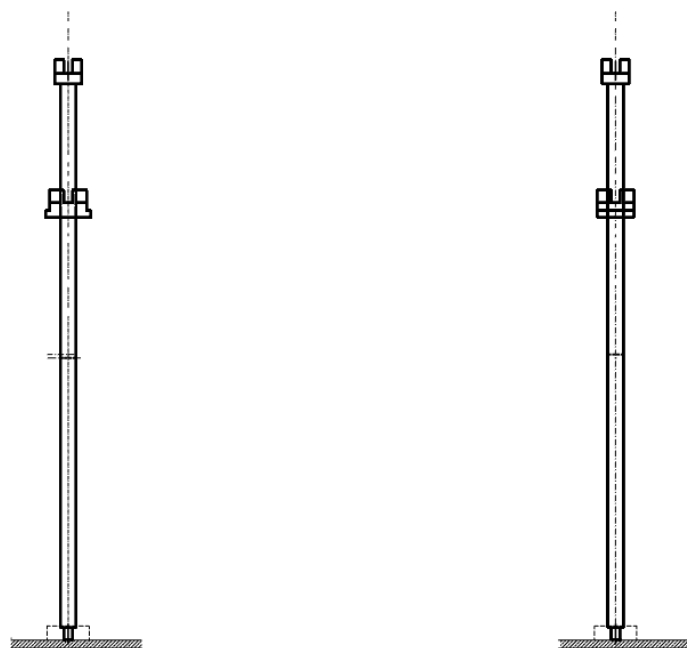


Рис. 63 Двухмерная модель внутренней колонны БИГ

Сначала создаём трёхмерную модель для основания внутренней колонны (рис. 64, рис. 65). Затем делаем модель для верхней части колонны, на которые будут опираться балки (рис. 66 и рис. 67).

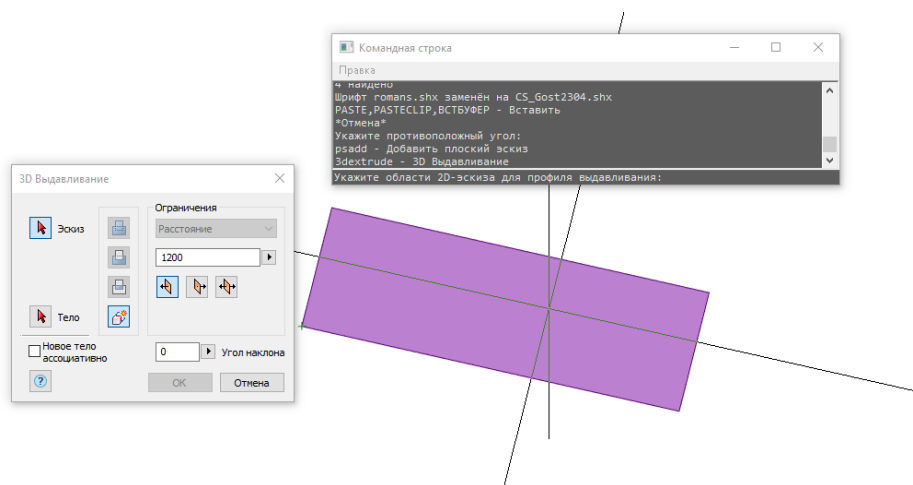


Рис. 64 Создание трёхмерной модели основания внутренней колонны

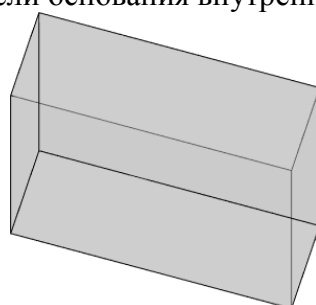


Рис. 65 Трёхмерная модель основания внутренней колонны

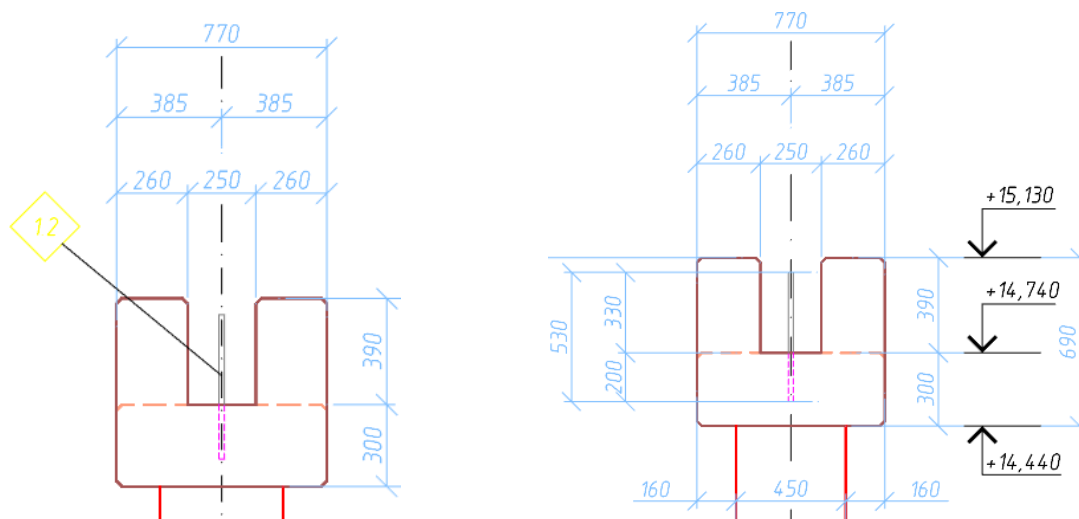


Рис. 66 Двухмерный чертёж верхней части внутренней колонны

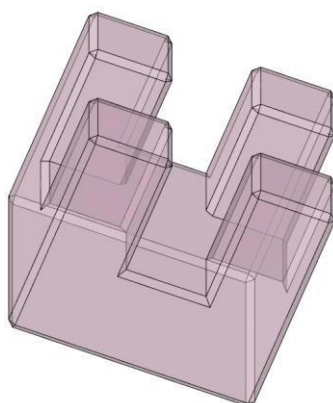


Рис. 67 Трёхмерная модель верхней части внутренней колонны

Средняя часть внутренней колонны вырисовывается по аналогии с верхней частью А-образной рамы. Она располагается на определённой высоте от основания и для компиляции средней части колонны с её телом необходимо расположить оба трёхмерных объекта в одной плоскости и перенести среднюю часть на необходимую высоту (рис. 70). Затем, при помощи команды 3D-объединение (рис. 71) – объединить тело колонны и его среднюю часть. В итоге получится единый трёхмерный объект (рис. 72, рис. 73).

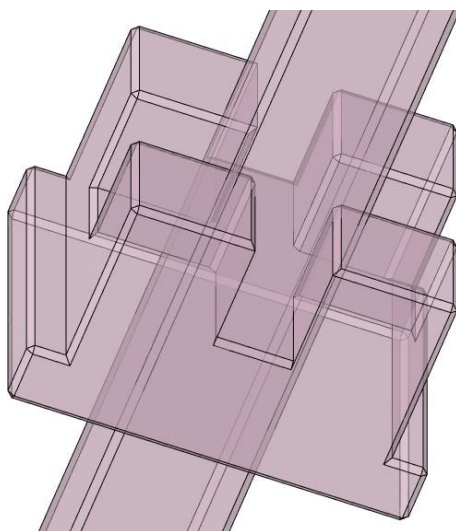


Рис. 70 Трёхмерная модель средней части внутренней колонны 1

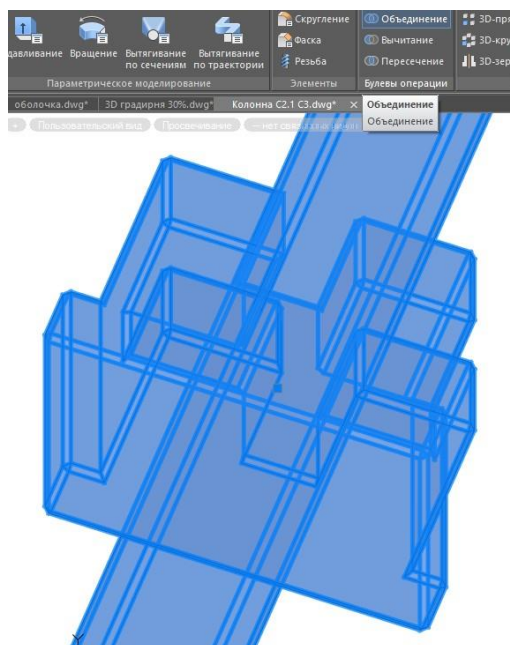


Рис. 71 Трёхмерная модель средней части внутренней колонны 2

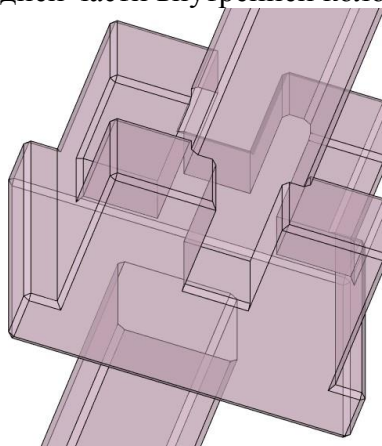


Рис. 72 Готовая трёхмерная модель средней части внутренней колонны

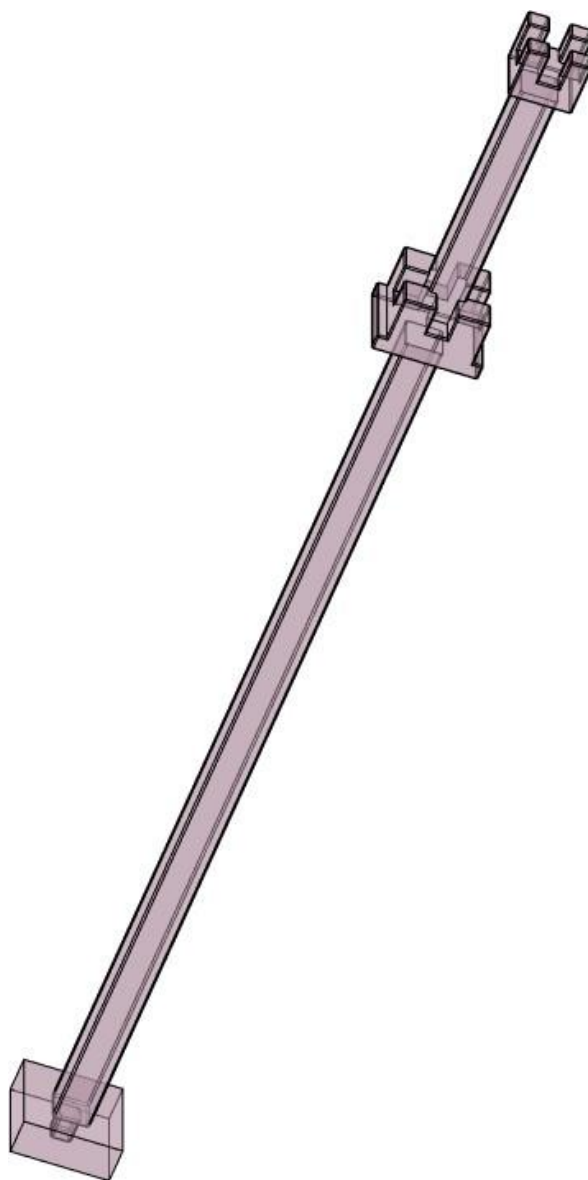


Рис. 73 Готовая трёхмерная модель внутренней колонны

8 Балки

1. Цель работы

1. Зарегистрировать аккаунт на портале Nanodev.ru
2. Создать запрос на учебную версию требуемого программного продукта в личном кабинете;
3. Скачать и установить платформу Nanocad, пройти регистрацию продукта.

2. Знания и умения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы

Индекс	Формулировка
ПК-9	Использование средства компьютерного моделирования в проектировании объектов капитального строительства

3. Теоретическое обоснование

Балки располагаются во внутренней части БИГ и находятся на верхней части внутренних колонн. Внутри отверстия балок прокладываются оросители. Для создания трёхмерной модели балки необходимо провести те же манипуляции, как и ранее.

Из двухмерного чертежа балки (рис. 74) создаём двухмерную модель (рис. 75). Затем при помощи команды 3D-выдавливание получаем трёхмерную модель балки (рис. 76). Суммарное количество балок больше, чем количество внутренних колонн и А-образных рам. Также балки определяют границы внутренних зон орошения. Как правило, количество этих зон зависит от конструктивных особенностей самой башенной градирни.

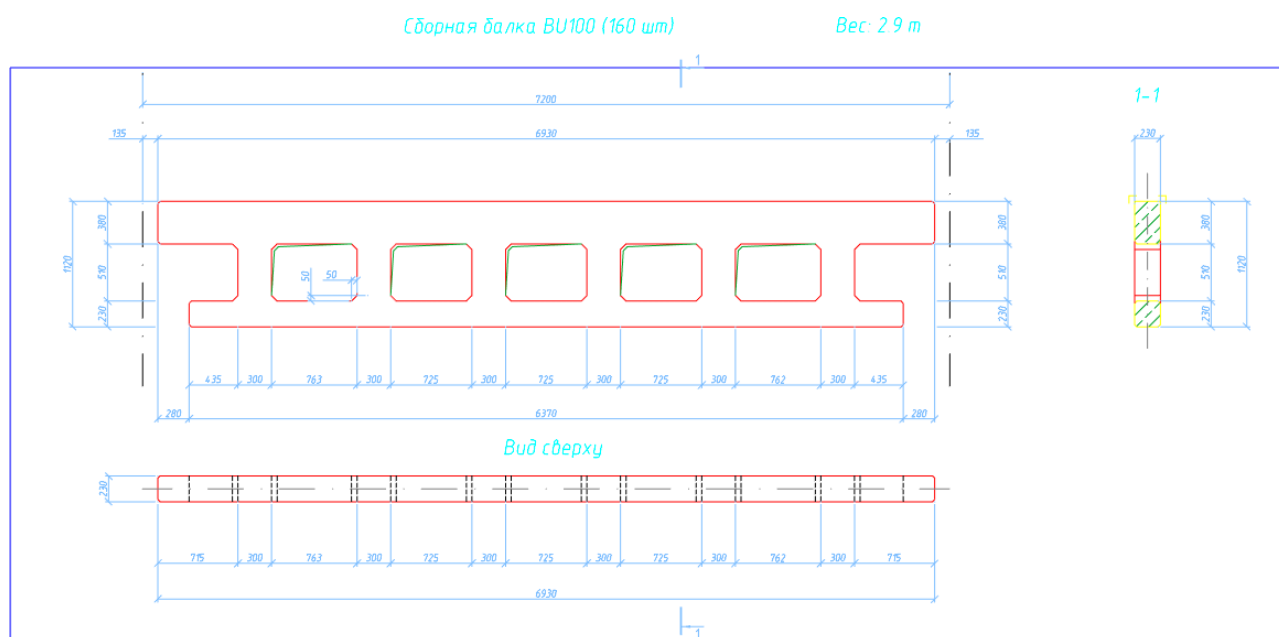


Рис. 74 Двухмерный чертёж балки

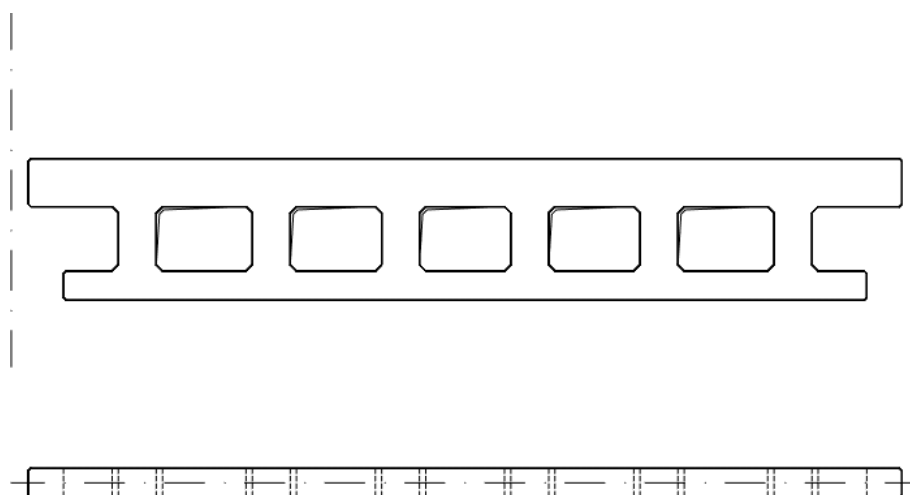


Рис. 75 модель двухмерного чертежа балки

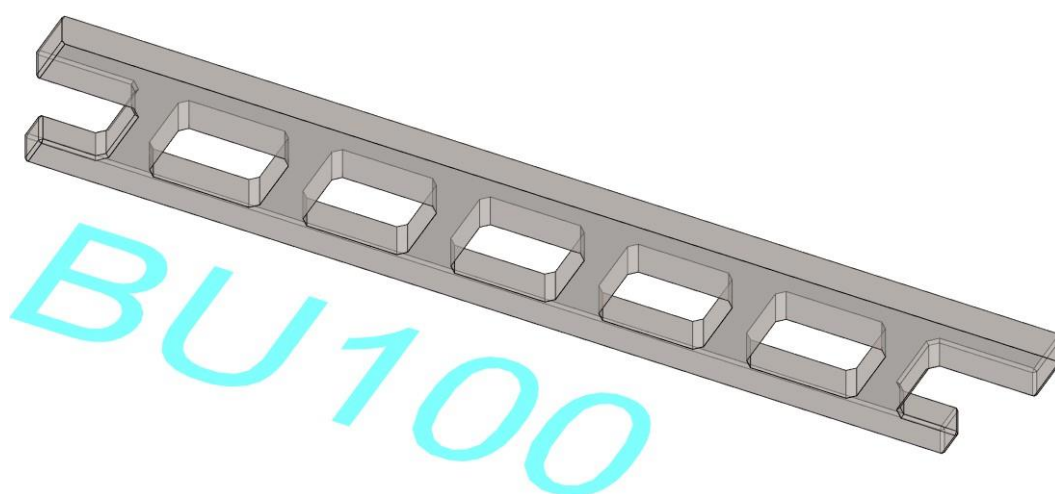


Рис. 76 трёхмерная модель балки

Существуют тривиальные балки по типу BU100 (рис.76), но в то же время, существуют балки с очень необычными конструктивными решениями (рис. 78). Как правило, в них добавляются специальные выступы под более мелкие балки.

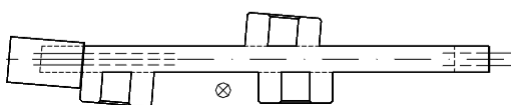
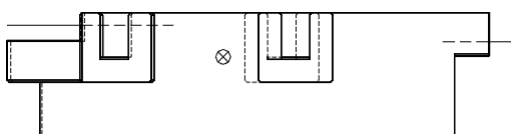


Рис. 77 Модель двухмерного чертежа балки

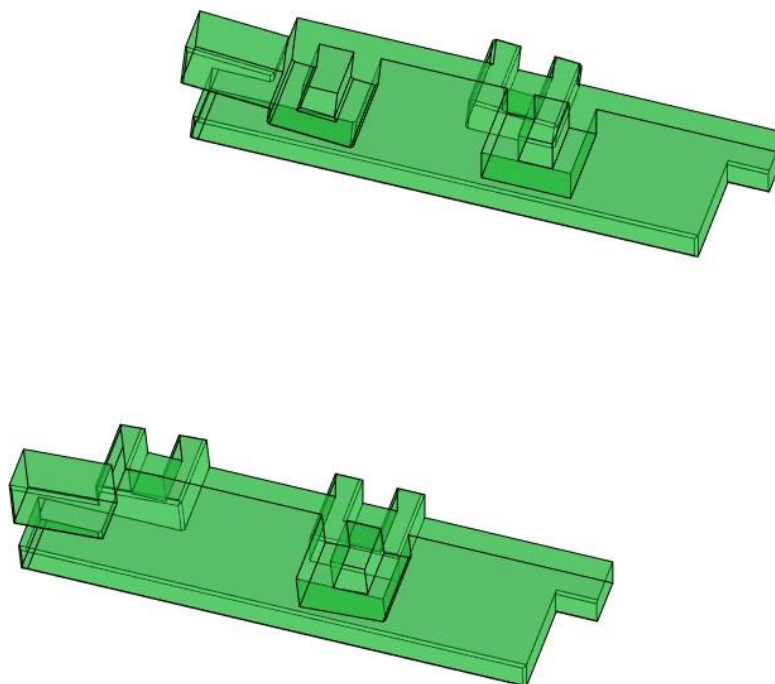


Рис. 78 Трёхмерная модель балки

9 Общие рекомендации по созданию трехмерной модели

1. Цель работы

1. Зарегистрировать аккаунт на портале Nanodev.ru
2. Создать запрос на учебную версию требуемого программного продукта в личном кабинете;
3. Скачать и установить платформу Nanocad, пройти регистрацию продукта.

2. Знания и умения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы

Индекс	Формулировка
ПК-9	Использование средства компьютерного моделирования в проектировании объектов капитального строительства

3. Теоретическое обоснование

Для создания трёхмерной модели БИГ достаточно наличия двухмерных чертежей с заданными размерами и программы, способной осуществлять трёхмерные манипуляции. Также для корректного расположения всех сооружений внутри градирни –

необходимо иметь общий план расположения всех внутренних колонн, рам и других сооружений (рис. 79).

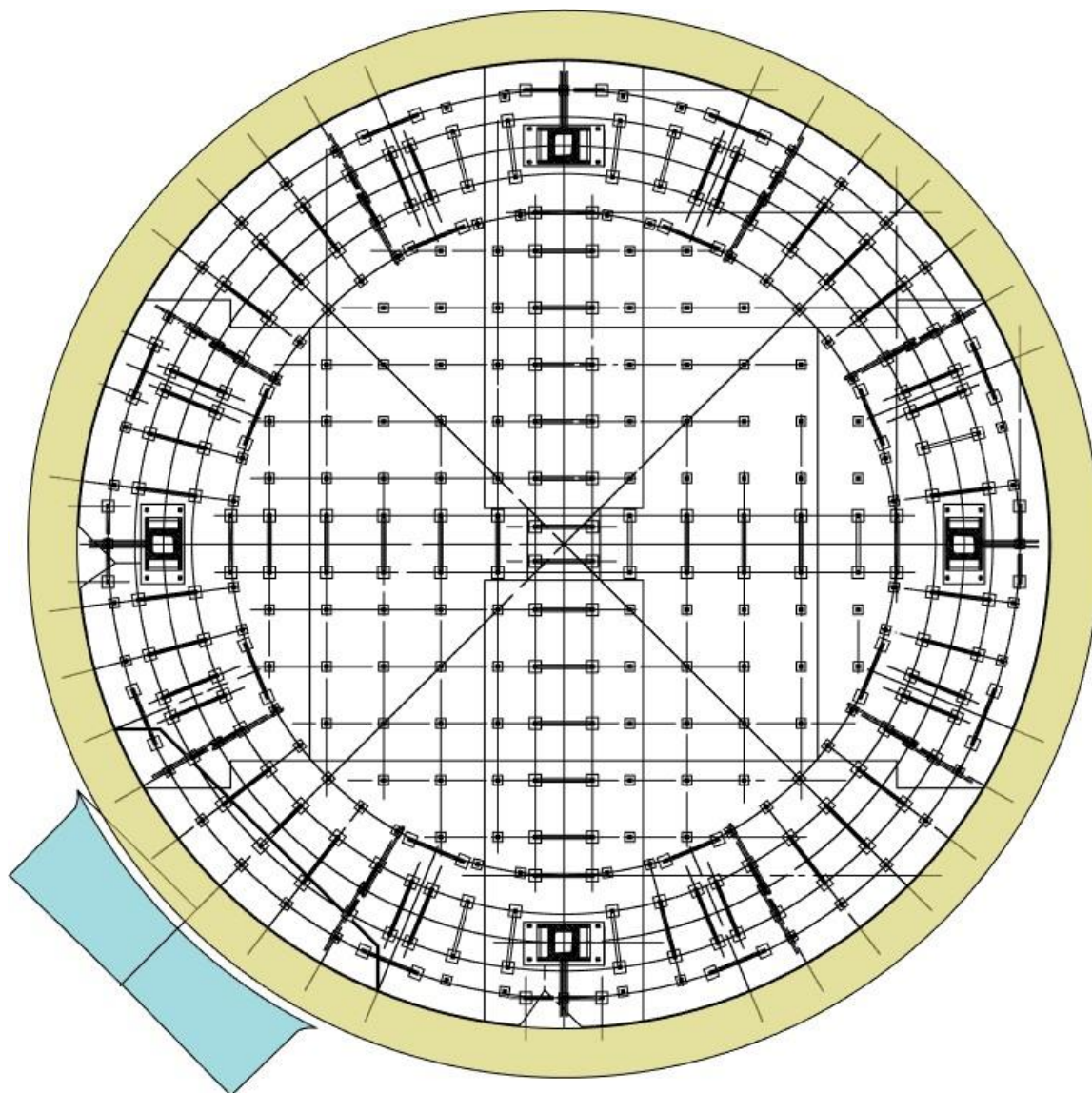


Рис. 79 План расположения сооружений внутри БИГ

Процесс создания трёхмерной модели башенной градирни состоит из поэтапного вычерчивания каждого элемента. В самом начале – это вычерчивание фундамента с водоподачей, водосливом и стенами бассейна градирни (рис. 81). Далее – вычерчивание подколонников, наружных колонн и сопряжения между ними (рис. 82).

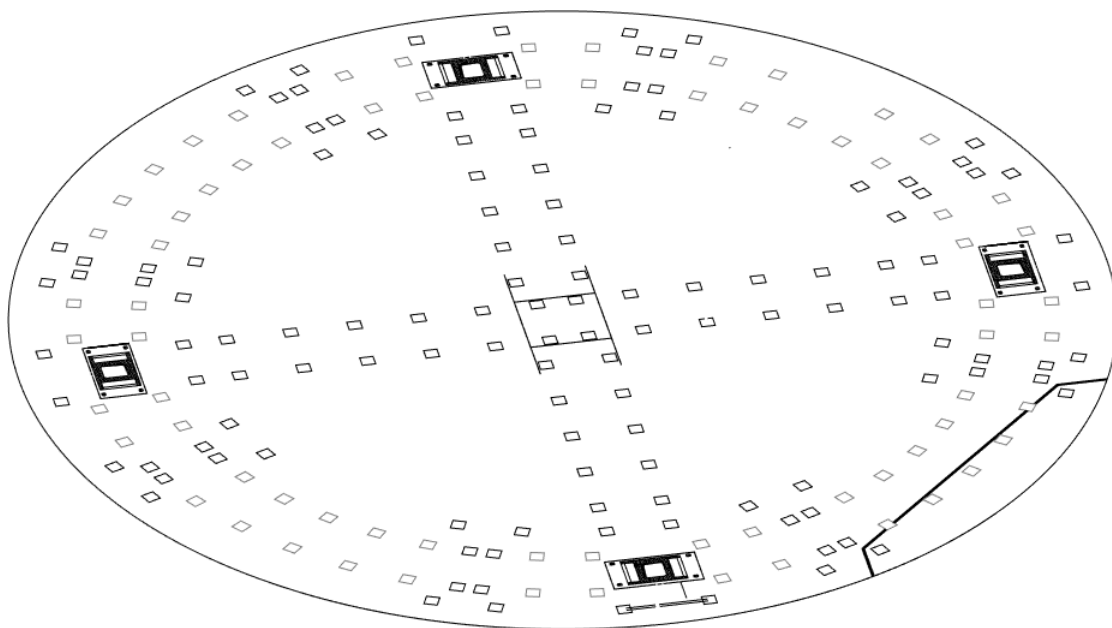


Рис. 80 Основание БИГ

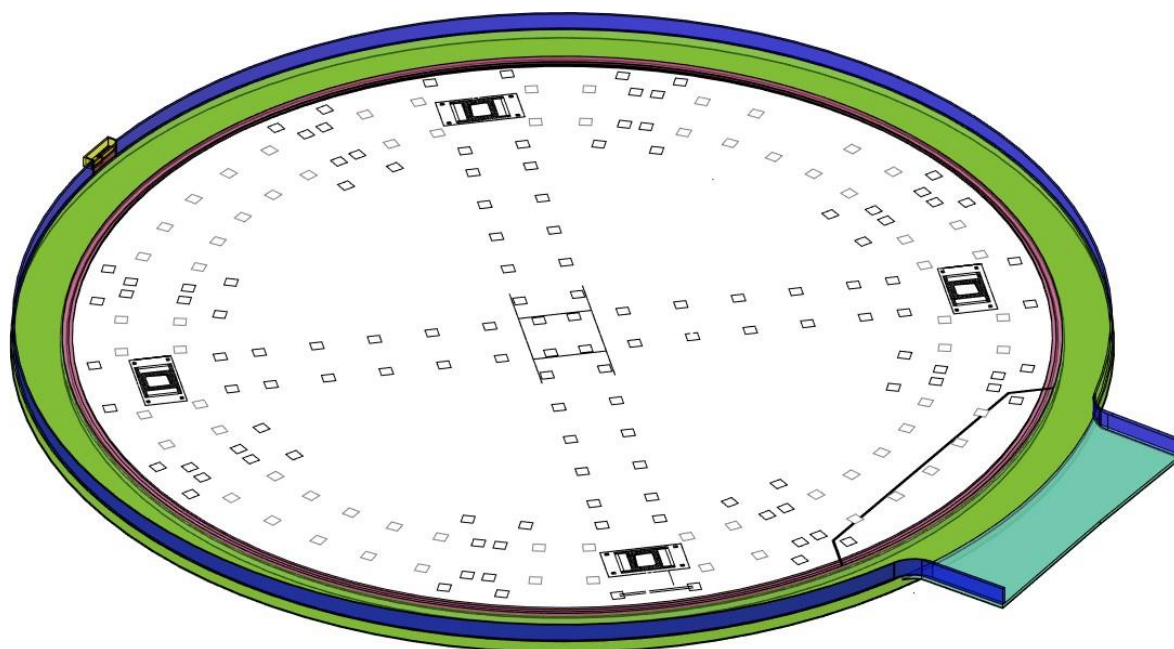


Рис. 81 Фундамент БИГ

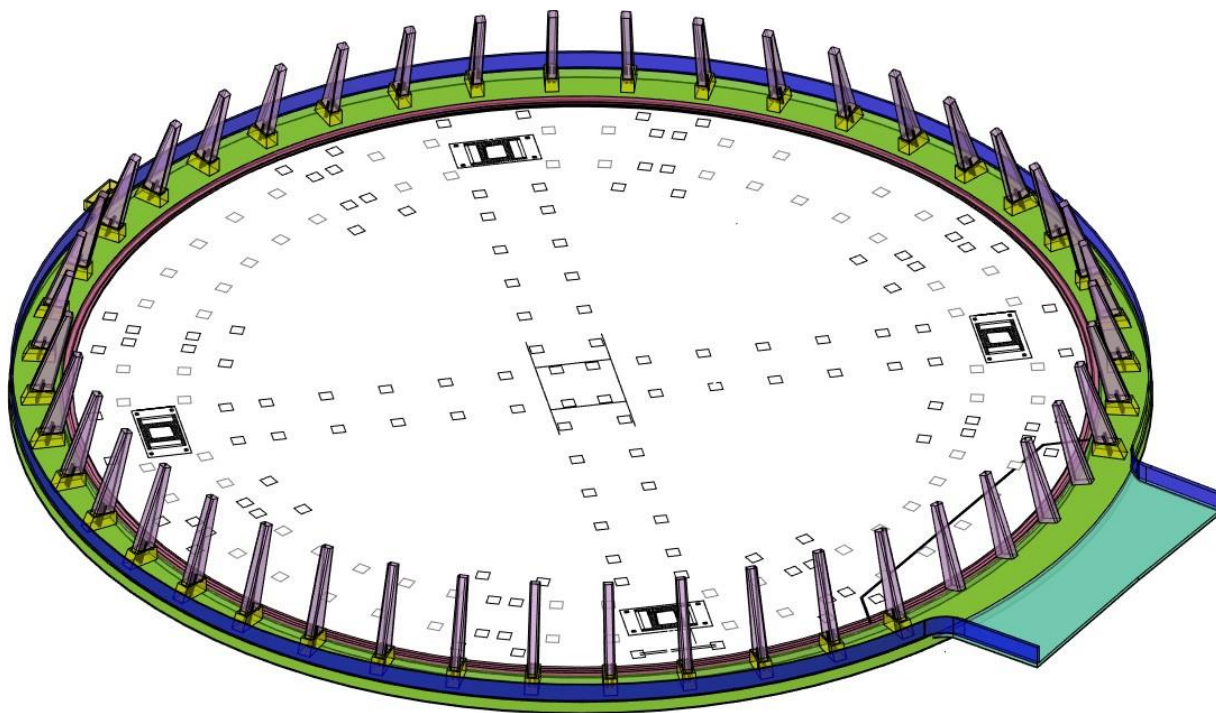


Рис. 82 Фундамент и наружная часть БИГ

Расположение трёхмерных моделей внутренних колонн и А-образных рам – следующий этап. На верхние части внутренних колонн будут опираться балки. А-образные рамы будут забирать на себя нагрузку от водораспределительных шахт. Корректное расположение внутренних колонн (рис. 83) и А-образных рам (рис. 84) внутри градирни позволят корректно расположить последующие коммуникации на них.

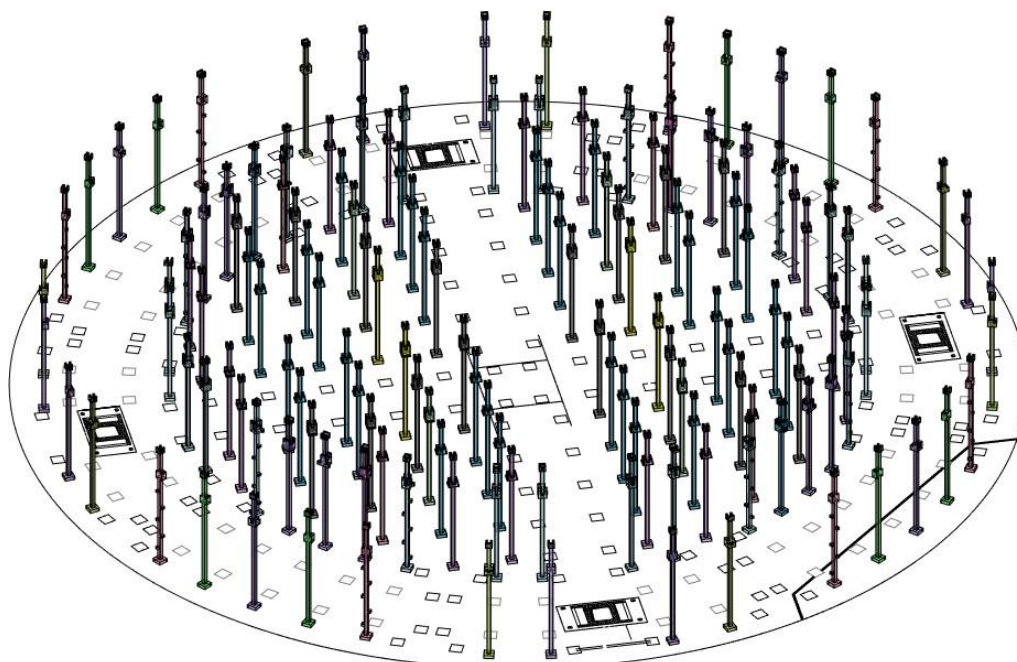


Рис. 83 Внутренние колонны БИГ

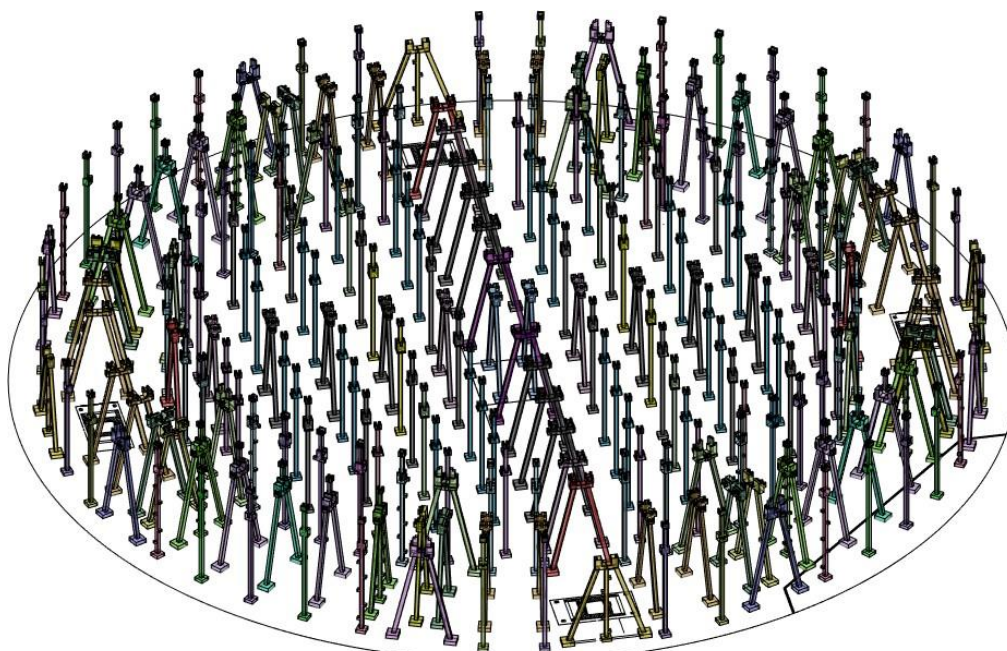


Рис. 84 Внутренние колонны и А-образные рамы БИГ

К последующим сооружениям, которые располагаются на внутренних колоннах и А-образных рамах относятся балки и водораспределительные шахты. Водораспределительные шахты (рис. 85) располагаются на всех А-образных рамах. Балки (рис. 86) располагаются на верхних частях внутренних колонн и образуют секции внутри БИГ. После того, как все действия поэтапно будут выполнены – двумерные чертежи отдельных элементов градирни преобразуются в трёхмерную модель БИГ (рис. 88).

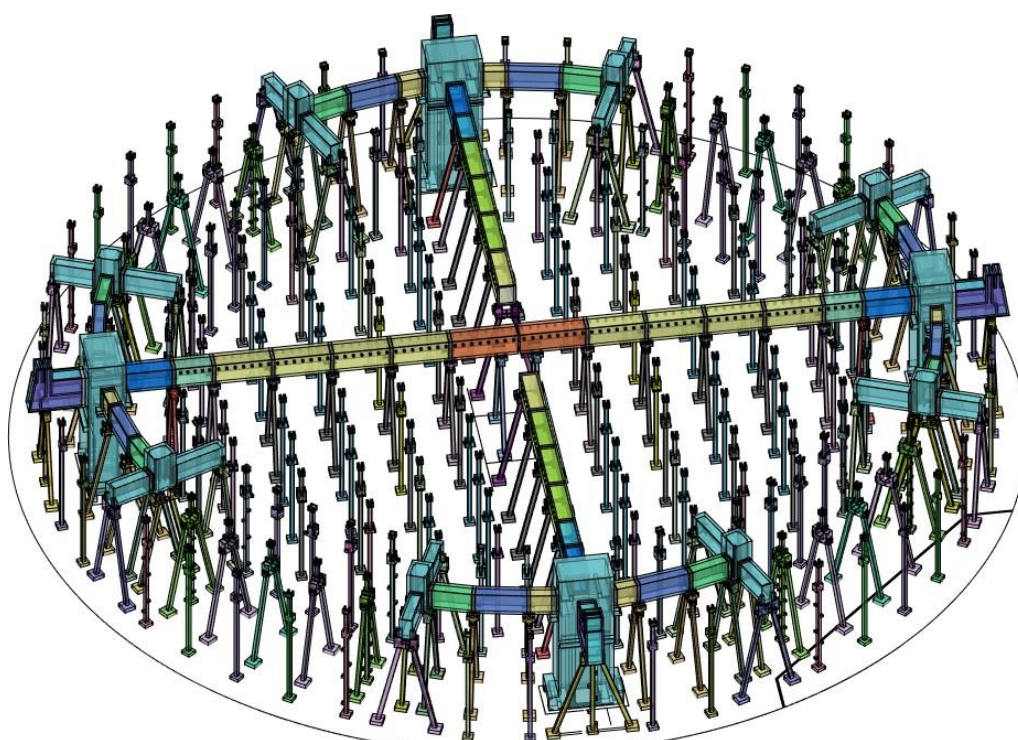


Рис. 85 Внутренние колонны, А-образные рамы и водораспределительные шахты БИГ

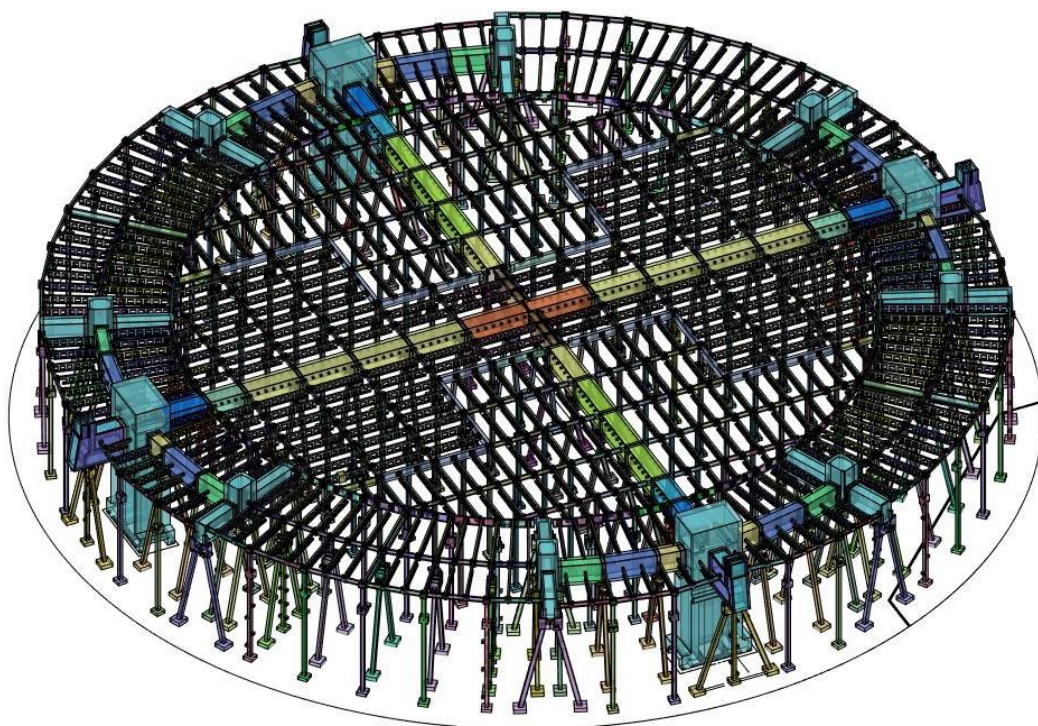


Рис. 86 Внутренние колонны, А-образные рамы, водораспределительные шахты и балки БИГ

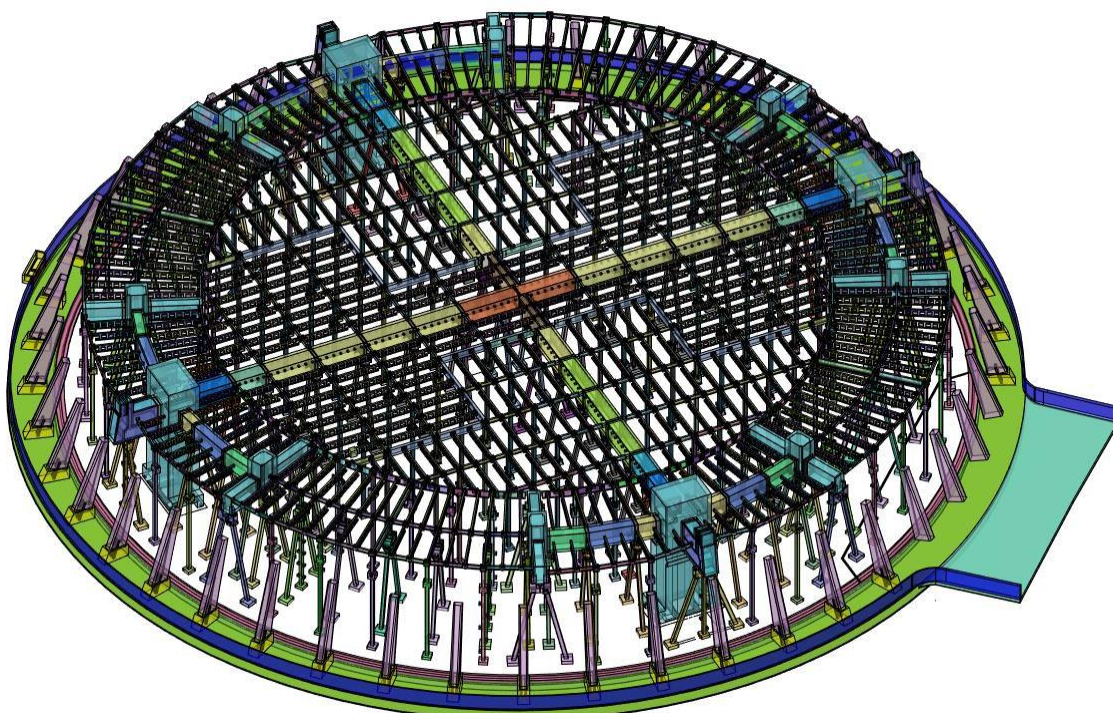


Рис. 87 БИГ без оболочки и бассейна градирни

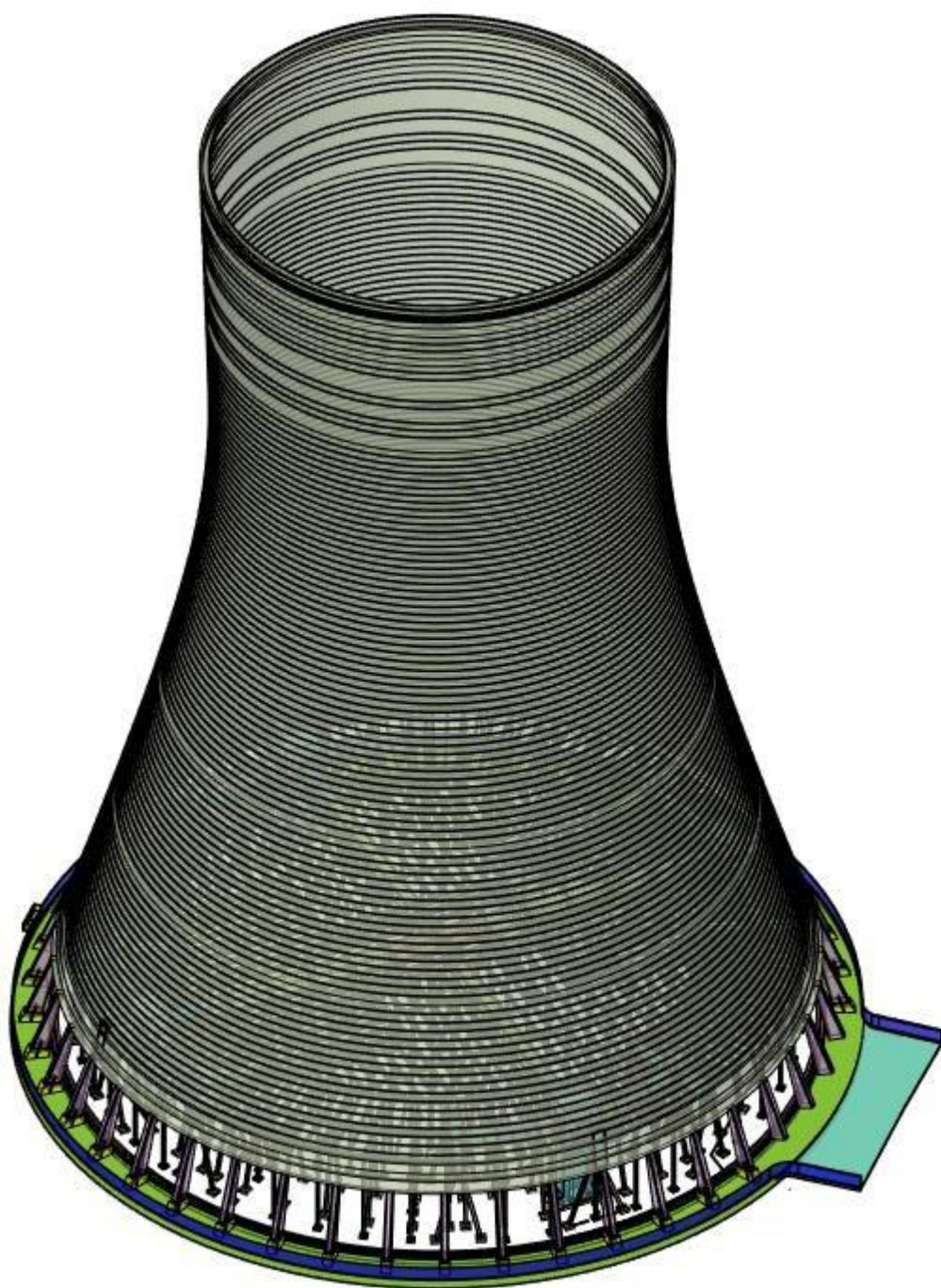


Рис. 88 Башенная испарительная градирня

Заключение

В пособии представлены основы трехмерного моделирования в среде отечественного программного обеспечения САПР NanoCAD на примере создания модели башенной испарительной градирни. Это сооружение широко присутствует в энергетических проектах. В целом можно отметить, что при решении практических задач большое значение имеют цифровые технологии [1-16].

Также следует отметить, что представленное в пособие изложение целиком ложится в рамки модельно ориентированного системного инжиниринга (Model-based system engineering – MBSE) [1]. Так для создание цифровых моделей для создаваемых предприятий рекомендуется использовать методологию, предложенную в работах Кондратьева В.В. (рис. 89) [4].

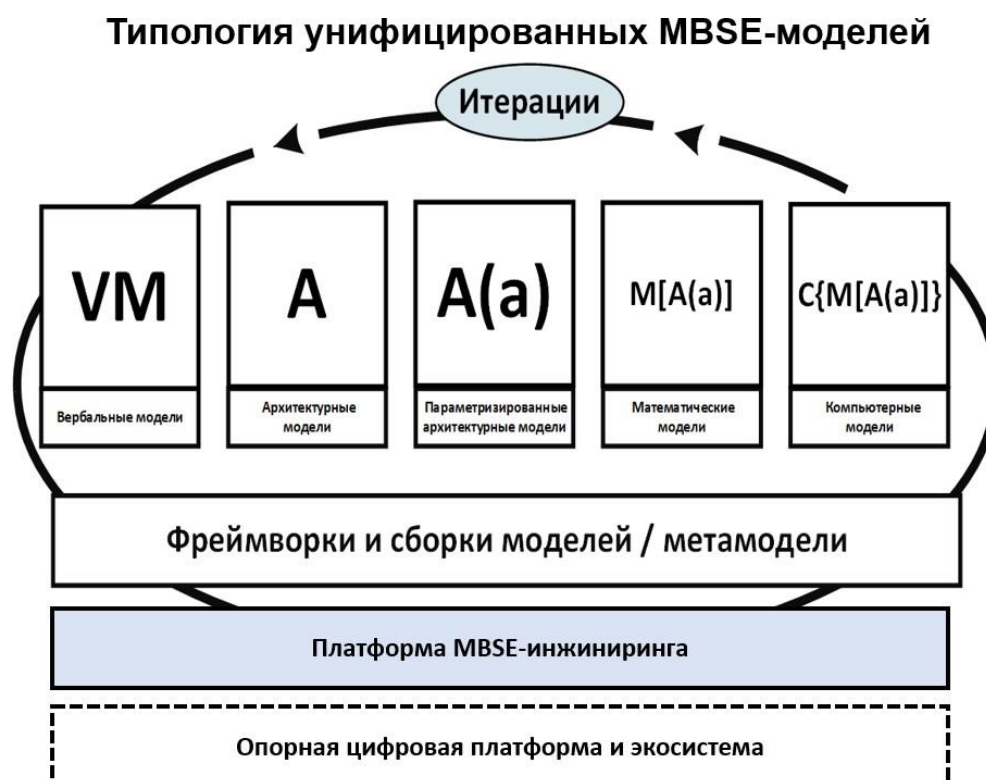


Рис. 89 Типология унифицированных MBSE-моделей

Также следует особо отметить, что представленная в пособии может быть успешно использована в развиваемом в СКФУ подходе к разработке цифровых двойников, в том числе в рамках фабрик будущего [5-11]. При этом фабрики будущего в настоящее время рассматриваются как гармоничное соединение цифрового представления предприятия и физического объекта [15, 16]. Однако подробное рассмотрение этого вопроса требует специального внимания и выходит за рамки настоящего пособия.

Список литературы

1. **Баденко В.Л.** Модельно-ориентированный системный инжиниринг для строителей: основные понятия и принципы: учебное пособие. – 2023. – 44 с. <https://elib.spbstu.ru/dl/5/tr/2023/tr23-102.pdf>
2. **Fedotov A.A. Prazdnikova T.V., Badenko V.L. Yadykin V.K.** Information modeling for cultural preservation: Portico of the New Hermitage and Atlas sculptures. Part 1: Basic approaches and approbation results // Computing, Telecommunication and Control. – 2020. – Т. 13. – №. 3. – С. 7-16.
3. **Fedotov A.A. Prazdnikova T.V., Badenko V.L. Yadykin V.K.** Information modeling for cultural preservation: Portico of the New Hermitage and Atlas sculptures. Part 2. Methods and algorithms // Computing, Telecommunication and Control. – 2020. – Т. 67. – №. 4. – С. 7-20.
4. **Кондратьев В.В.** Модельно-ориентированный системный инжиниринг 2.0. – М.: МФТИ, 2021. – 102 с.
5. **Боровков А.** и др. Цифровая платформа по разработке и применению цифровых двойников (Digital Twins) CML-Bench®(часть 3) //Октябрь. – 2023. – С. 51.
6. **Боровков А.И., Рябов Ю.А.** Цифровые двойники: определение, подходы и методы разработки //Цифровая трансформация экономики и промышленности. – 2019. – С. 234-245.
7. **Kukushkin K., Ryabov Y., Borovkov A.** Digital twins: A systematic literature review based on data analysis and topic modeling //Data. – 2022. – Т. 7. – №. 12. – С. 173.
8. **Боровков А.И.** и др. Передовые производственные технологии: возможности для России. – Экспертно-аналитический доклад / Санкт-Петербург, 2020.
9. **Боровков А.И., Рябов Ю.А., Гамзикова А.А.** Типологизация цифровых двойников (Digital Twins) //Кластеризация цифровой экономики: Глобальные вызовы. – 2020. – С. 473- 482.
10. **Боровков А.И., Рябов Ю.А., Гамзикова А.А.** Цифровые двойники в нефтегазовом машиностроении //Деловой журнал Neftegaz. RU. – 2020. – №. 6. – С. 30-36.
11. **Боровков А.И., Гамзикова А.А., Кукушкин К.В., Рябов Ю.А.** Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности. Краткий доклад (сентябрь 2019 года) / Санкт-Петербург, 2019.
12. **Bolshakov N., Rakova X., Celani A., Badenko V.** Operation Principles of the Industrial Facility Infrastructures Using Building Information Modeling (BIM) Technology in

Conjunction with Model-Based System Engineering (MBSE). // Applied Sciences, 2023. 13(21), 11804.

13. **Bolshakov N., Badenko V., Yadykin V., Tishchenko E., Rakova X., Mohireva A., Kamsky V., Barykin S.** Cross-Industry Principles for Digital Representations of Complex Technical Systems in the Context of the MBSE Approach: A Review. // Applied Sciences, 2023. 13(10), 6225.

14. **Yadikin V., Barykin S., Badenko V., Bolshakov N., de la Poza E., Fedotov A.** Global Challenges of Digital Transformation of Markets: Collaboration and Digital Assets // Sustainability, 2021. Vol.13, №19, 10619

15. **Badenko V.L., Bolshakov N.S., Tishchenko E.B., Fedotov A.A., Celani A.C., Yadykin V.K.** Integration of Digital Twin and BIM Technologies within Factories of the Future

// Magazine of Civil Engineering. 2021. 101(1). Article No. 10114

16. **Баденко В.Л., Большаков Н.С., Федотов А.А., Ядыкин В.К.** Цифровые двойники сложных технических систем в индустрии 4.0: базовые подходы // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2020. Т. 13. № 1. С. 20-30.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
3D-моделирование в CAD-системах**

Направление подготовки: 08.03.01 Строительство

Профиль подготовки: Проектирование зданий.

г. Ставрополь

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это планируемая учебная и внеаудиторная работа студентов, выполняемая по заданию преподавателя и под его методическим руководством, но без его непосредственного участия.

Целью самостоятельной работы студентов является приобретение новых знаний, систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения дисциплины «3D-моделирование в CAD-системах» студенты должны:

Знать:

- Основной функционал систем автоматизированного проектирования (CAD-систем) для создания 3D-моделей;
- Методы организации работы в среде САПР в том числе методы организации нисходящего проектирования;
- Особенности проектирования изделий и конструкций в трехмерной модели.

Уметь:

- Применять специальную техническую документации при решении задач в соответствии с нормативной базой;
- Создавать трехмерную модель в соответствии с правилами художественного и технического дизайна с учетом цветофактурных решений;
- экспортировать и импортировать графические файлы в 3Dпрограмме.

Владеть:

- Производить создание 3D-моделей объектов с использованием CAD-систем методами твердотельного моделирования;
- Производить создание 3D-моделей объектов с использованием CAD-систем методами поверхностного моделирования;
- Производить конвертирование 3D-моделей в различные форматы;
- Выполнять создание чертежей на основе 3D-моделей

В результате освоения дисциплины у студентов должны быть сформированы следующие компетенции:

ПК – 9 Использует средства компьютерного моделирования в проектировании объектов капитального строительства

Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку

лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы, самостоятельное изучение необходимых нормативных материалов, готовность к выполнению практических работ в течение семестра, а также выполнение контрольной работы.

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
		Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1	Самостоятельное изучение литературы	1-7		1	1
2	подготовка отчета к практическим работ	1-7		1	1
3	выполнение контрольной работы.	8-10		2	2-4

Для подготовки к аудиторным занятиям и самостоятельной работе по дисциплине студентам необходимо учитывать следующие рекомендации:

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Практические занятия	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы.

Основной формой обучения студента является самостоятельная работа над учебным материалом, которая состоит из следующих элементов:

- изучение материала по методическим указаниям,
- решение задач и самопроверка.

Кроме того, студент может обращаться к преподавателю с вопросами для получения консультации. Указания студенту по текущей работе даются также в процессе анализа самостоятельных работ. Однако студент должен помнить, что только при систематической и упорной самостоятельной работе помощь преподавателя будет достаточно эффективной. Завершающим этапом изучения разделов курса «Вычислительные методы в строительстве и

компьютерная графика» является зачет с оценкой.

ЧТЕНИЕ УЧЕБНЫХ МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ

1. Изучая материал по учебным методическим указаниям, следует переходить к следующему вопросу только после правильного понимания предыдущего.
2. Особое внимание следует обращать на определение основных понятий, необходимо подробно разбирать примеры, которые поясняют определения, и уметь приводить аналогичные примеры самостоятельно.
3. При изучении материала по учебным методическим указаниям полезно вести конспект, в который рекомендуется выписывать определения, формулировки и т. п. На полях конспекта следует отмечать вопросы, выделенные студентом для получения консультации преподавателя.
4. Письменное оформление работы студента имеет исключительно важное значение. Записи в конспекте должны быть сделаны чисто, аккуратно и расположены в определенном порядке. Хорошее внешнее оформление конспекта по изученному материалу не только приучит к необходимому в работе порядку, но и позволит избежать многочисленных ошибок, которые происходят из-за небрежных, беспорядочных записей.
5. Выводы рекомендуется в конспекте подчеркивать или обводить рамкой, чтобы при перечитывании конспекта они выделялись и лучше запоминались.

Опыт показывает, что многим студентам помогает в работе составление листа, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые формулы дисциплины (опорные конспекты, интеллект-карты, информационные карты). Такой лист не только помогает запомнить формулы, но и может служить постоянным справочником для студента.

КОНСУЛЬТАЦИИ, ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЗАНЯТИЯ

Если в процессе работы над изучением теоретического материала или при решении поставленных задач у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся (неясность терминов, сомнения в правильности ответов на вопросы для самопроверки и др.), то он может

обратиться к преподавателю для получения от него консультации.

С целью более полного усвоения материала проводятся дополнительные занятия.

СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Оценочные средства для текущего контроля направлены на проверку знаний и умений, являющихся основой формирования компетенции «владеть методами количественного анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования».

В процессе подготовки к занятиям по дисциплине и самостоятельной работе необходимо ориентироваться на следующие учебную литературу:

1. Ильин, В.П. Численные методы решения задач строительной механики : учебное пособие / В.П. Ильин, В.В. Карпов, А.М. Масленников. – М. : Изд-во АСВ, 2005. – 426 с. .

2. SCAD Office. Вычислительный комплекс SCAD : учебное пособие / В.С. Карпиловский [и др.]. – М. : Изд-во АСВ, 2007. –592 с .

3. Трушин, С.И. Строительная механика. Метод конечных элементов [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.И. Трушин. – М. : НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 305 с. .

Антонов В.И., Копелевич Ф.И. Элементарная математика для первокурсника. – СПб.: Лань, 2013. – 112 с.

2. Вержбицкий В.М. Вычислительная и линейная алгебра. – М.: Высш. шк., 2009. – 351 с.

3. Вержбицкий В.М. Основы численных методов. – М.: Высш. шк., 2009. – 840 с.

4. Гельфанд И.М. Лекции по линейной алгебре. – М.: Добросвет, 2009. – 320 с.

5. Горлач Б.А. Линейная алгебра: учеб. пособие. – СПб.: Лань, 2012. – 480 с.

6. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. –

СПб.: Лань, 2007. – 664 с.

7. Информатика в строительстве (с основами численного моделирования) / А.Б. Золотов, П.А. Акимов, В.Н. Сидоров, М.Л. Мозгалева. – М.: Архитектура –С. 2010. – 336 с.

8. Полещук Н.Н. AutoCAD 2011. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011. - 752 с.: ил. + CD-ROM.

9. Жарков Н.В., Прокди Р.Г., Финков М.В. AutoCAD 2014. Книга + DVD с библиотеками, шрифтами по ГОСТ, модулем СПДС от Autodesk, форматками, дополнениями и видеоуроками AutoCAD 2014. - СПб.: Наука и Техника, 2014. - 624 с.: ил. + DVD

10. Орлов А. AutoCAD 2014 (+CD с видеокурсом). - СПб.: Питер, 2014. - 384 с.:ил.

11.Вычислительные методы в строительстве и компьютерная графика: методические указания к самостоятельной работе / СКФУ, - Ставрополь: СКФУ, 2019

12. Вычислительные методы в строительстве и компьютерная графика: методические указания к контрольной работе / СКФУ, - Ставрополь: СКФУ, 2019