

Лабораторная работа № 5

Тема: Расчет пространственной конструкции

Задание

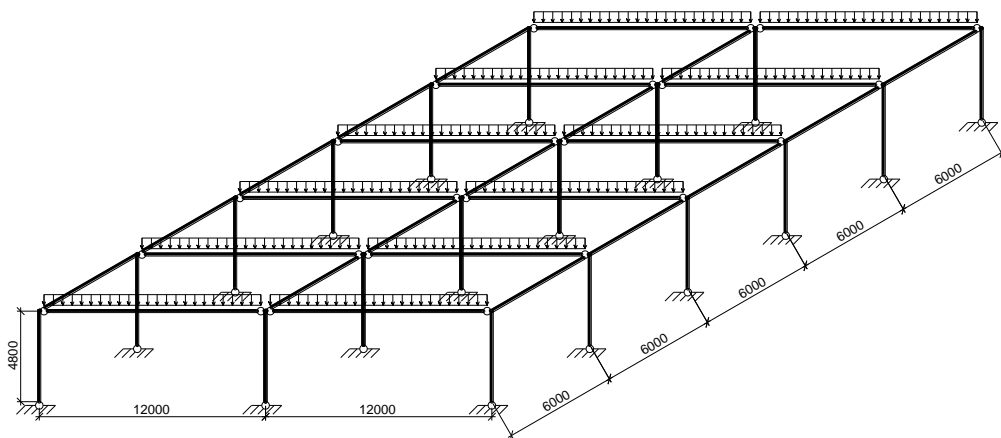
Создать расчетную схему конструкции, изображенной на Рисунке 1

Задать 4 загрузки

Создать комбинации загрузок согласно СП 20.13330.2013

Рассчитать продольные усилия и изгибающие моменты от различных комбинаций нагрузок

Рассчитать и проанализировать деформации



Исходные данные:

1) Высота стоек – 4.8 м, пролет – 12 м, шаг колонн – 6 м.

2) Элементы рамы выполнены из тяжелого бетона В30.

- Стойки имеют прямоугольное сечение $b \times h = 200 \times 400$ мм,
- Сечение поперечных балок (ригелей) - двутавр $h=800$ мм, $b_1=b_2=300$ мм, $h_1=100$ мм, $h_2=200$ мм, $b=80$ мм.
- Продольные балки – тавр с полкой сверху $h=400$ мм, $b_1=240$ мм, $h_1=120$ мм, $b=80$ мм.
- Крестовые связевые элементы изготовлены из спаренного уголка $L 90 \times 6$, $g=10$ мм, сталь обыкновенная.

3) Стойки внизу имеют жесткую заделку в плоскости рамы и шарнирно-неподвижную из плоскости рамы (разрешен поворот вокруг оси OX в заделке).

4) Стойки и поперечные балки задаются как рамные пространственные стержни, продольные балки и связевые элементы – как стержни пространственной фермы.

5) Поперечные балки опираются на колонны шарнирно с эксцентриситетом 150 мм внутрь рамы (принят конструктивно). Эксцентриситет опирания реализовать с помощью дополнительных узлов, объединенных твердым телом (КЭ 100).

6) Загружения (*нагрузки сразу заданы как расчетные, поэтому в диалоговых окнах коэффициент по надежности равен 1*):

- **Собственный вес**,
- **Постоянная** (вес вышележащих конструкций) – равномерно-распределенная нагрузка $q_1=18$ кН/м, приложенная на поперечные балки (на крайние – $q_1/2$).
- **Снеговая** – равномерно распределенная нагрузка $q_2=14.4$ кН/м, приложенная на поперечные балки (на крайние – $q_2/2$).
- **Ветер слева** $q_{акт}=1.28$ кН/м, $q_{пас}=0.96$ кН/м. Активная составляющая приложена на колонны слева, пассивная составляющая – на колонны справа.

Последовательность действий

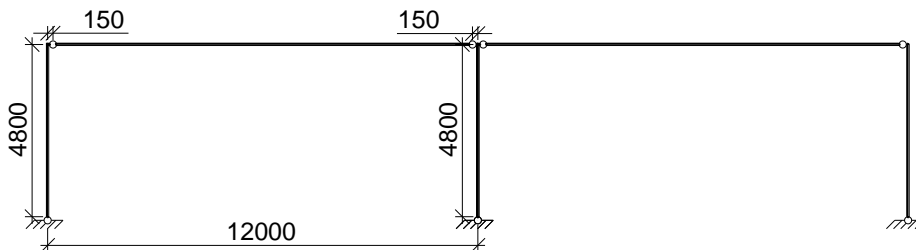
1. В тетради по лабораторным работам написать название работы, перечертить схему и исходные данные.

2. Задать единицы измерения входных данных, тип схемы, имя файла проекта **lr5-1_фамилия.spr**.

3. Создать схему фрагмента поперечной рамы, приведенного на рисунке, следующим способом:

3.1. Вызвать окно генерации прототипа рамы, выбрать нужный тип и задать сразу 2 пролета:

- количество пролетов и их размеры, количество этажей и высоту,
- связи внизу колонн,
- жесткости колонн и ригеля.



3.2. Разбить ригель на три стержня разной длины, добавляя узлы со смещением от его начала и конца на 150 мм (включить отображение узлов и нумерацию элементов, убедиться в правильности разбивки).

3.3. Установить в ригеле шарниры (в узлах, отстоящих на 150 мм от начала и конца ригеля). Шарниры должны разрешать поворот элементов только в плоскости рамы. Отобразить установленные шарниры.

3.4. Сделать снимок экрана и вставить в отчет.

Записать в тетради: «Для копирования текущей схемы перейти на вкладку Схема, нажать






кнопку «Копирование схемы», указать направление копирования, шаг и количество копий (не считая исходную), включить флажки об удалении совпадающих узлов/элементов.»

4. Скопировать поперечную раму вдоль оси Y с заданным шагом колонн.

4.1. Соединить поперечные рамы продольными балками, добавляя стержень (с учетом промежуточных узлов). В окне диалога задать 4-ый тип КЭ и жесткость. Соединить стержнями левые верхние узлы рам.

Записать в тетради: «Для копирования фрагмента текущей схемы выполнить действия:

1) перейти на вкладку Группы –  Работа с группами узлов и элементов, выбрать кнопку  «Отметка группы элементов» и выделить элементы, подлежащие копированию,

2) перейти на вкладку Схема, нажать кнопку  «Копирование фрагмента схемы», указать направление копирования, шаг и количество копий, включить флажки об удалении совпадающих узлов/элементов.

3) снять отметку элементов, нажав на панели фильтров кнопку  »

5. Скопировать продольные стержни вдоль оси X.

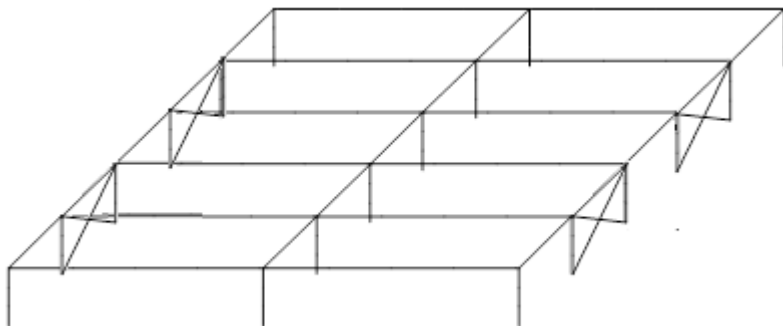
6. Создать загрузку 1 «**Собственный вес**» с коэффициентом **1.1** (тип загрузки постоянное, вид нагрузки ж/б конструкция, с весом более 1.6т/м3).

7. Выполнить расчет.


Расчет не будет выполнен, так как большое количество шарнирных сопряжений делает конструкцию геометрически изменяемой. Поэтому в рамных конструкциях устанавливают связевые элементы.

8. Поставить два крестовых связевых элемента в одном из пролетов (для правильного выбора узлов приблизить фрагмент схемы и включить сетку узлов), задавая для них 4-й тип КЭ и жесткость.

9. Скопировать крестовые элементы в нужные пролеты.



10. Приложить еще раз собственный вес (для учета установленных связей) и пересохранить загрузку 1 (заменить).

11. Отобразить схему в виде презентационной графики: на панели фильтры щелкнуть кнопку . Закрыть окно.

12. Выполнить расчет.

13. Войти в режим графического анализа. Для анализа корректности соединения балок с колоннами отобразить эпюру моментов (M_u) в поперечной раме. Убедиться, что момент в шарнире равен 0, вызывая для любого ригеля информацию об элементе. Вставить окно «Эпюры усилий» в отчет.

Записать в тетради: Назначение кнопок панели «Визуализация»:



Кнопки предназначены для вращения расчетной схемы вокруг соответствующей оси координат. Кнопки предназначены для отображения проекции расчетной схемы на виде спереди, сверху и справа соответственно.



Кнопка восстанавливает исходный вид на расчетную схему.

14. Отобразить деформированную схему. Используя кнопки панели Визуализации, убедиться, что деформации симметричны.
15. Вернуться в расчетную схему и создать остальные загрузки:
- 15.1. схему с постоянным нагружением, номерами узлов и шарнирами вставить в отчет.
- 15.2. Ветровая нагрузка является кратковременной. Схему с ветровой нагрузкой и номерами жесткостей вставить в отчет.

Так как заданные загрузки не могут действовать отдельно, то анализ максимальных перемещений и усилий следует выполнять для комбинации загрузжений.

Записать в тетради: Для задания комбинаций загрузжений в экране управления в разделе ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ развернуть «Специальные исходные данные» и выбрать пункт «Комбинации загрузжений». В окне диалога задать коэффициенты:

- для постоянных нагрузок (собственный вес, постоянная, полезная) равен 1,
- для временной нагрузки (ветровая, снеговая), если она одна, то коэффициент равен 1, если временных нагрузок две и более, то коэффициент для наибольшей из них по степени влияния равен 1, для второй – 0.9, последующих - 0,7.
- нажать кнопку «Запись комбинации».

16. Задать две комбинации загрузжений и вставить в отчет содержимое диалогового окна:
- Собственный вес + Постоянная + Снеговая;
 - Собственный вес + Постоянная + Снеговая + Ветер слева (все по 1, ветер слева 0.9).
17. Выполнить расчет.
18. Войти в графический анализ и определить, от какой комбинации загрузжений возникают:
- 18.1. максимальная **продольная сила** в колоннах, чему она равна. Значения записать в тетрадь. Снимок эпюр, название комбинации, номера элементов и значение силы поместить в отчет.
- 18.2. максимальный изгибающий **момент M_U** в балках, чему он равен. Значения записать в тетрадь. Снимок эпюр, название комбинации, номера элементов и значение моментов поместить в отчет.

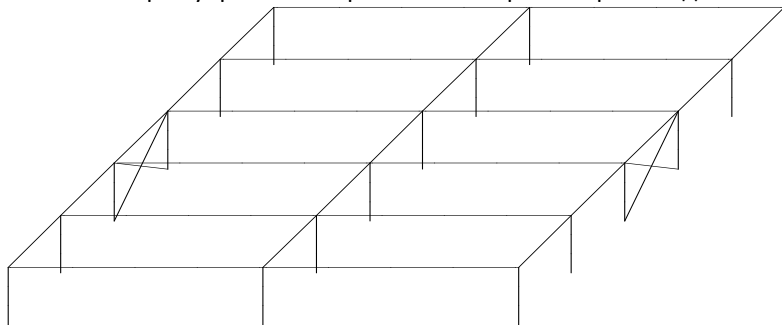
18.3. максимальные **горизонтальные перемещения**. Значения записать в тетрадь. В отчет вставить совместное отображение исходной и деформированной схемы с выводом значений перемещений в узлах. Указать, в каком узле возникает максимальное перемещение и чему оно равно.

18.4. суммарный **максимальный прогиб** поперечной балки. Значения записать в тетрадь. В отчет вставить совместное отображение исходной и деформированной схемы с выводом значений перемещений в узлах. Указать в каком узле возникает максимальное перемещение и чему оно равно.

19. Получить таблицу перемещений, сохранить в отдельном файле. Вставить в отчет из таблицы максимальные перемещения узлов расчетной схемы.

При анализе эпюр просматривается, что средний пролет «недогружен» по сравнению с крайними пролетами. Поэтому изменим расстановку связей.

20. Выйти в экран управления проектом и сохранить файл под именем **lr5-2_фамилия.spr**



21. Войти в режим РС и удалить крестовые связевые элементы только из предпоследнего пролета.

Записать в тетради: Для того, чтобы переместить элементы, на закладке Узлы и элементы



щелкнуть кнопку



, затем

Сдвиг элементов. В окне диалога задать смещение для нужной оси. ОК. Выделить нужные элементы. ОК.

22. Сдвинуть оставшиеся связевые элементы в средний пролет.

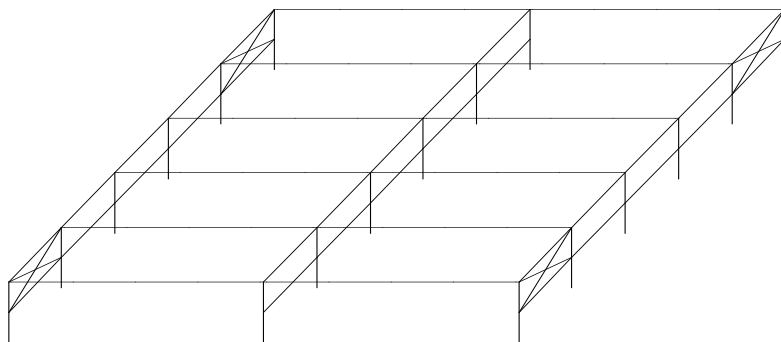
23. Приложить еще раз собственный вес (для учета измененных стержней), !флажок «Производить замену ранее назначенной нагрузки» должен быть включен). Пересохранить загрузку 1.

24. Выполнить расчет и посмотреть эпюры МУ и МК от обеих комбинаций загрузжений. Вставить в отчет.

25. Сделать вывод о рациональном расположении связевых элементов, сравнивая с ранее полученными результатами

Следующие задания выполняются только в полной версии SCAD (не в DEMO-версии)

26. Выйти в экран управления проектом и сохранить файл под именем **lr5-3_фамилия.spr**
27. Войти в режим РС и внести следующие изменения.
28. Удалить крестовые связевые элементы.
29. Разбить колонны на 2 равные части.
30. Средние узлы колонн соединить стержнями 4-го типа КЭ, с жесткостью, равной жесткости продольных балок, но тавр расположить полкой вниз, добавляя новый тип жесткости (см. задание).
31. Для обеспечения геометрической неизменяемости РС установить крестовые связевые элементы в крайние пролеты (тип КЭ 4, жесткость – спаренный уголок, см. задание). В результате должна получиться схема, приведенная на рисунке.



32. Приложить еще раз собственный вес (для учета установленных стержней) и пересохранить загрузку 1.
33. Выполнить расчет.
34. Получить и вставить в отчет исходную и деформированную схемы с выводом значений перемещений по X и по Z в узлах от обеих комбинаций загрузки.
35. Проанализировать полученные перемещения. Для какой из двух рассмотренных схем перемещения наименьшие? – ответ вставить в отчет.
36. Получить и включить в отчет эпюры МУ и МК от обеих комбинаций загрузок.
37. Проанализировать полученные усилия. Для какой из трех рассмотренных схем усилия наименьшие? – ответ вставить в отчет.