



**Міністерство освіти і науки України
Одеська державна академія будівництва та архітектури**

Кафедра будівельної механіки

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА ВИХІДНІ ДАНІ
з дисципліни «Системи наскрізного проектування»
до розрахунково-графічних робіт та курсової роботи
для студентів освітнього рівня «Магістр»
галузі знань 19 «Архітектура та будівництво»
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»



Одеса 2021

УДК 539

«ЗАТВЕРДЖЕНО»
Вченою Радою
Інженерно-будівельного
інституту ОДАБА

Протокол № ____ від ____2021р.

Методичні вказівки розглянуті та рекомендовані до публікації на засіданні кафедри будівельної механіки, протокол № ____ від «____» листопада 2021 р.

Укладачі: к.т.н., доцент Калініна Т.О.
к.т.н., ст.. викладач Чучмай О.М.

Рецензенти: д.т.н., професор Гришин А.В.
к.т.н., професор Неутов С.П.

Методичні вказівки та вихідні дані призначені для виконання розрахунково-графічних робіт та курсової роботи з дисципліни «Системи наскрізного проектування» до розрахунково-графічних робіт та курсової роботи для студентів освітнього рівня «Магістр» галузі знань 19«Архітектура та будівництво» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Відповідальний за випуск: зав. кафедрою будівельної механіки
д.т.н., проф. Сур'янінов М.Г.

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Можливості й структура пакета SOFiSTiK	5
2. Розрахунок металеві ферми	12
3. Розрахунок залізобетонної рами	21
4. Розрахунок пластини	30
5. Розрахунок трьох поверхові громадської будівлі.	37
6. Вихідні данні для розрахунку плоских конструкцій	61
6.1. Розрахунок металеві ферми	61
6.2. Розрахунок залізобетонної рами	63
6.3. Розрахунок пластини	64
7. Вихідні данні для розрахунку громадської будівлі	69
Література	70

Вступ

Підготовку інженерно-технічних фахівців, відповідних до сучасних вимог, неможливо уявити без вивчення комп'ютерних програм, призначених для моделювання конструкцій, явищ, технологічних процесів і т.п. Існує ціла низка класифікацій цих програм по тій або іншій ознаці. Програма SOFiSTiK належить до категорії CAD/CAE систем, ґрунтується на методі скінченних елементів (МСЕ) і призначена для моделювання та розрахунків конструкцій, використовуваних, в першу чергу, у будівельній галузі.

Цей пакет є розробкою німецької компанії SOFiSTiK AG (www.SOFiSTiK.com), і має досить давню історію. Вважається, що ідея розробки програми як додатка до AUTOCAD сходить до 1987 року, а перша її версія з'явилася в 1988 році. Перший графічний і інтерактивний користувацький інтерфейс для аналізу та дизайну на основі AUTOCAD побачив світло в 1996 році.

Компанія SOFiSTiK AG, як і її основний продукт, безупинно розвивається, надаючи своїм користувачам нові можливості для ефективної роботи.

У даних Методичних вказівках представлений загальний опис пакета та можливостей його застосування, розглянуті деякі приклади моделювання й розрахунків, а також дані набори вихідних даних для самостійної роботи, які вибираються відповідно до рекомендацій викладача.

1. Можливості й структура пакета SOFiSTiK

SOFiSTiK являє собою інтегрований програмний комплекс, призначений для скінченно-елементного аналізу будівельних конструкцій, будинків і споруд, а також для розв'язку завдань геотехніки. Особливо слід зазначити можливості програми в частині моделювання й розрахунків мостів і тунелів.

У плані використання нормативної бази комплекс повністю локалізований для застосування в країнах колишнього Радянського Союзу, але при цьому забезпечений аналіз конструкцій по нормах Єврокоду, що відкриває можливості співробітництва вітчизняних користувачів з користувачами інших країн.

Безсумнівною гідністю, що полегшує процес освоєння SOFiSTiK, є наявність російськомовних версій програми й великої кількості навчальної літератури на російській й українській мовах.

З інших переваг програми виділимо широкий спектр можливостей для моделювання навантажень і арматури, параметризацію розрахунків, наявність єдиної моделі "грунт-споруда". Крім того, інтерфейс пакета дозволяє взаємодіяти із цілим списком інших програм — Revit, Femap, Fides і ін. SOFiSTiK може працювати в середовищі інформаційного моделювання об'єктів будівництва (BIM).

У продуктах компанії SOFiSTiK використовуються 3 папки:

- *папка програм.* У ній зберігаються всі програми й глобальні визначення. Вона може розташовуватися як на локальному диску, так і, що більш поширене, на сервері. Приклад — c:\program files\SOFiSTiK\SOFiSTiK.23;
- *папка конфігурації* зберігає локальні налаштування комп'ютера й профілю користувача. Приклад — e:\home;
- *у робочій або поточній папці* зберігаються всі дані проєктів. Рекомендується зберігати кожний проєкт в окремій папці. Приклад — e:\home\foobar.

Комплекс має модульну структуру (рис. 1). Математичні ядра модулів є класичними пакетними файлами, у які вводяться дані з невеликих текстових файлів або баз даних. У програмі використовується мова команд CADINP, яка дозволяє створювати макроси, особливо зручні при розв'язку великих і складних завдань.

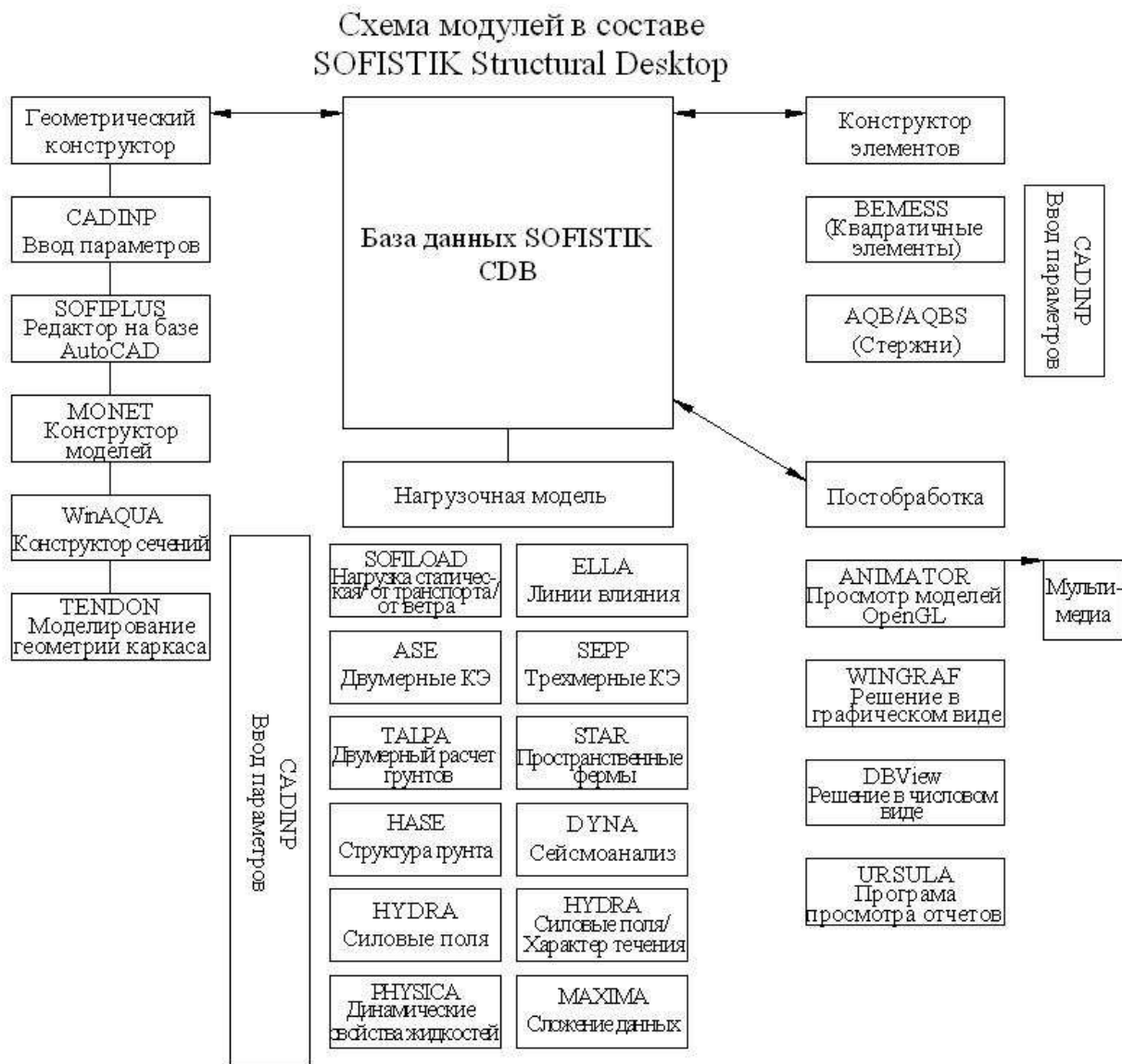


Рис. 1. Модулі пакета SOFiSTiK

Ядром розрахункової програми SOFiSTiK є потужна база даних (CD-BASE). Набір програм, робота з якими здійснюється за допомогою звичайних текстових файлів або за допомогою графічного інтерфейсу, обмінюється всією інформацією через зазначену базу даних.

Програмне забезпечення SOFiSTiK складається з ряду різних компонентів. Для всіх починаючих користувачів середовище "SOFiSTiK Structural Desktop" (SSD) являє собою найкращий вибір, оскільки в стані обробити безліч складних взаємодій між програмними компонентами.

Усі модулі-програми (рис. 1) можна розділити за призначенням на чотири групи: *програми для введення даних і попередньої обробки, програми для проведення розрахунків, програми для конструювання елементів і програми для остаточної обробки даних.*

Програми для введення даних і попередньої обробки, у свою чергу, діляться на *програми, що працюють в інтерактивному режимі й програми пакетної обробки даних.*

В інтерактивному режимі працюють:

WINAQUA — завдання поперечного перерізу в інтерактивному режимі;

MONET — графічне введення скінченно-елементних сіток;

Sofiplus — графічне введення скінченно-елементних сіток за допомогою Autocad;

TENDON — графічне введення геометричної моделі каркаса попередньо напруженої арматури;

COLUMN — введення даних по сітці колон.

Програми пакетної обробки даних:

AQUA — матеріали й поперечні перерізи;

SOFIMSHA — імпорт і експорт скінченних елементів і моделей ферм;

SOFIMSHB — створення скінченних елементів за допомогою геометричного конструктора;

SOFILOAD — майстер завантаження для скінченних елементів і ферм;

GEOS — геометрична модель попередньо напруженого каркаса;

CSM — менеджер стадій будівництва.

Програми для проведення розрахунків:

STAR2 — статичний розрахунки стрижневих систем по теорії 2-го порядку;

PFAHL — статичний розрахунки просторових ферм;

ASE — загальний статичний розрахунок методом скінченних елементів;

HASE — півпростір й інші елементи жорсткості;

SEPP — статичний розрахунок плоских плит і дисків;

TALPA — статичний розрахунок пластин і осесиметричних геомеханічних конструкцій;

PHYSICA — спільний зв'язаний аналіз;

DYNA — динамічний розрахунок;

ELSE — побудова ліній впливу;

ELLA — розширений аналіз навантажувальної моделі в реальному часі;

HYDRA — гідродинамічний і термодинамічний розрахунки методом скінченних елементів.

Програми для конструювання елементів:

MAXIMA — додавання даних;

BDK — поздовжній вигин при крутінні сталевих профілів;

AQB — завдання перерізів елементів із прокатного профілю, попередньо напруженого бетону й композитних матеріалів;

BEMESS — конструктор панелей і оболонок;

WIST — конструктор підпірних стін.

Програми для остаточної обробки даних також можна розділити на *програми, що працюють в інтерактивному режимі й програми пакетної обробки даних.*

Програми, що працюють в інтерактивному режимі:

WINGRAF — графічне уявлення скінченних елементів і стрижневих конструкцій;

DBVIEW — вибіркова печатка матеріалів з бази даних.

Програми пакетної обробки даних:

AQUP — графічне уявлення поперечних перерізів профілів;

WING — графічне уявлення скінченних елементів і стрижневих конструкцій;

DBPRIN — печатка результатів з бази даних;

SIR — результати для окремих секцій;

DYNR — проміжні результати й спектри реакцій;

PROT — підготовка протоколів за каркасною структурою;

TEXTILE — схема різання мембранних конструкцій.

Після установки програмного забезпечення файл-менеджер буде автоматично асоціювати певні типи файлів з компонентами програми SOFiSTiK, що дозволить запускати їх безпосередньо.

Приведемо зміст файлів, які упізнаються файл-менеджером.

Розширення .NDB мають файли проектів програми MONET; вони містять тільки дані, використовувані програмою MONET.

Розширення .SOFISTIK мають проекти, виконані в програмнім середовищі SSD (SOFiSTiK Structural Desktop).

Розширення .DAT мають файли вхідних даних; подвійне клацання по іконці файлу відкриє його за допомогою програми TEDDY, а клацання правою кнопкою миші дозволить запустити програму WPS.

Розширення .CDB мають файли баз даних; подвійне клацання по іконці файлу відкриє його за допомогою програми Animator, а клацання правою кнопкою миші відкриє доступ до:

winaqua — матеріали й профілі;

dbview — вибір таблиць даних;

grafik — графічне уявлення даних;

dbinfo — засоби налагодження й діагностики;

unlock — зняття блокувань баз даних.

Розширення .PLB мають файли вихідних даних, що містять текст і графіку. Подвійне клацання по іконці викликає додаток URSULA.

Розширення .PRT мають файли, що містять докладний журнал розрахунків; у них записуються повідомлення про помилки й попередження, статистика, параметри систем рівнянь, використання системної пам'яті й час, витрачений на розрахунки.

Розширення .ERG мають файли вихідних даних у текстовому форматі; за змістом вони подібні з файлами формату .PLB, але не містять зображень.

Розширення .LST мають складові файлів формату .ERG.

B.LST записується результат роботи останнього розрахункового додатка, який може бути корисний при відстеженні помилок.

Розширення .DBV мають документи додатка DBVIEW, в них утримуються параметри перегляду змісту CDBASE.

Файли вхідних даних представлені у вільній формі в так званому Cadinp-Форматі. Це – макромова асемблера, що забезпечує ефективну роботу із вхідними даними. Для статичного завдання існує можливість використання декількох файлів, у тому числі, вкладених.

Файли з розширеннями .AQU, .KNO, .ELM, .LAS створюються програмою MONET і прив'язуються до файлів типу .DAT (вхідних даних). Файли типу .AQU містять інформацію про матеріали й профілі, .KNO — про вузли сітки скінченних елементів, .ELM — про елементи сітки й .LAS — про навантажувальну модель.

Розширення .GRA мають спеціальні файли вхідних даних у форматі утиліти WINGRAF. Вони зберігаються в Cadinp-Форматі, що редагується й містять усі параметри, задані за допомогою WINGRAF.

Розширення .SOFISTIK мають особливі файли презентацій у форматі SSD (SOFiSTiK Structural Desktop). Використовуючи ці файли, можна ввести дані за замовчуванням для обраних конструкцій з метою подальшої обробки.

Модульна структура пакета SOFiSTiK виражається у використанні інтерактивних компонентів. Замість єдиного вікна, у якому поміняють один одного вхідні й вихідні дані, користувач може працювати відразу в декількох вікнах, між якими ведеться обмін повідомленнями, і які мають доступ до

загальної бази даних. Для перемикання між вікнами використовуються функціональні клавіші й іконки на панелі завдань, де розташовуються також кнопки виклику TEDDY, PS, URSULA і інших програм:

програма PS (wps.exe) здійснює розрахунок;

програма ANIMATOR виводить анімовані види конструкцій і результати;

програма URSULA дозволяє виводити на печатку результати, включаючи графічну інформацію;

програма TASKS дозволяє звертатися до інших розрахунків і конструкцій;

програма WINAQUA дозволяє працювати з матеріалами й перерізами профілів;

програма TENDON дозволяє задавати параметри каркаса арматури;

програма WINGAF дозволяє складні креслення конструкцій, схем навантажень і результатів розрахунків;

програма DBVIEW дозволяє створювати таблиці із числовим змістом або графіки функцій;

програма MONET містить геометричний конструктор сіток і інструменти для завдання схеми навантажень.

2. Розрахунок металеві ферми

Вихідні дані:

$P = 15$ кН; $h = 3$ м; $L = 24$ м; елементи ферми (рис. 2) виконані з парних кутиків 75x6 мм.

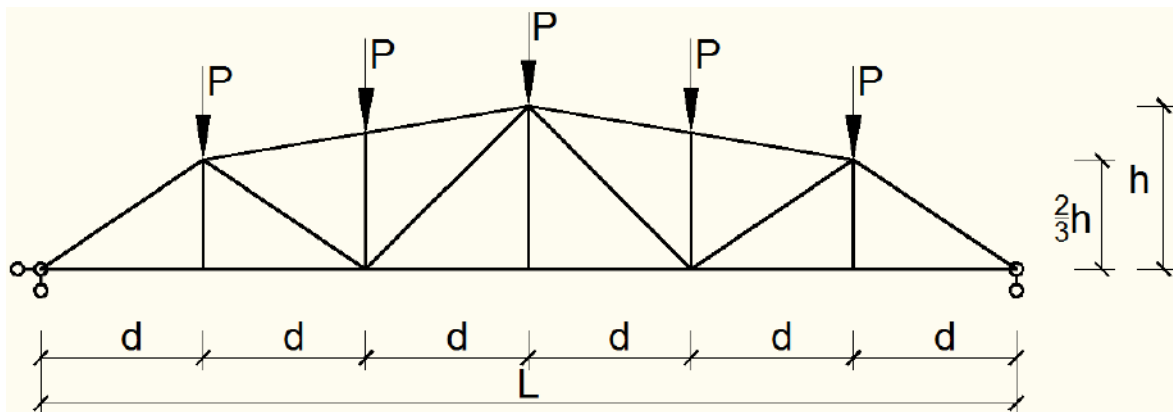


Рис. 2. Розрахункова схема ферми

Розрахунок будемо виконувати в такій послідовності:

1. Назначаємо матеріали, з яких виконана конструкція.
2. В програмному комплексі створюємо розрахункову схему.
3. Назначаємо жорсткість елементів конструкції.
4. Назначаємо опорні закріплення.
5. Завантажуємо ферму заданим навантаженням.
6. Виконуємо розрахунок.

Запускаємо SOFiSTiK та створюємо новий проект (рис. 3).

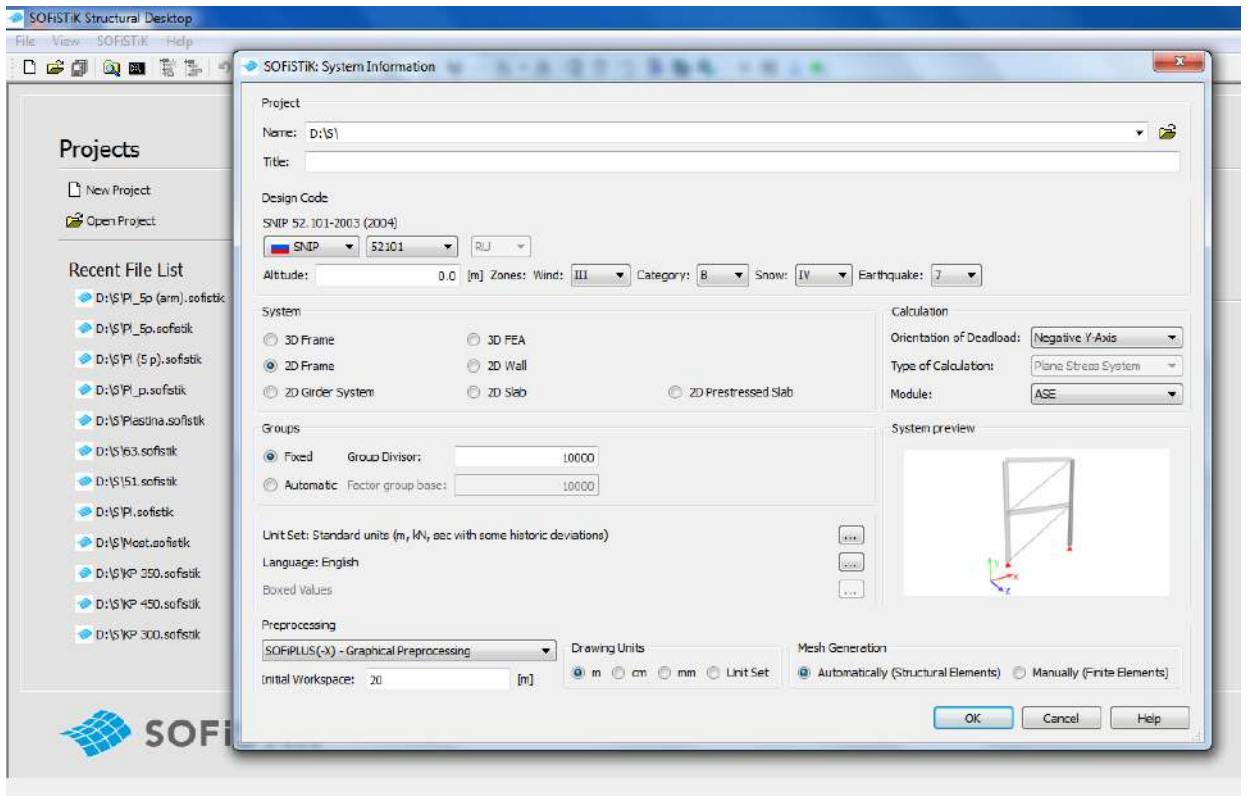


Рис. 3. Створення нового проекту в SOFiSTiK

П.1. В розрахунковому модулі SSD назначаємо матеріал конструкції – сталь С 235. Для цього в пункті Materials зробити подвійний клік лівою кнопкою миші на строчці з матеріалом (В 20). У відчиненому вікні вибрати: Type→Structural Steel та в Classification→235 (рис. 4).

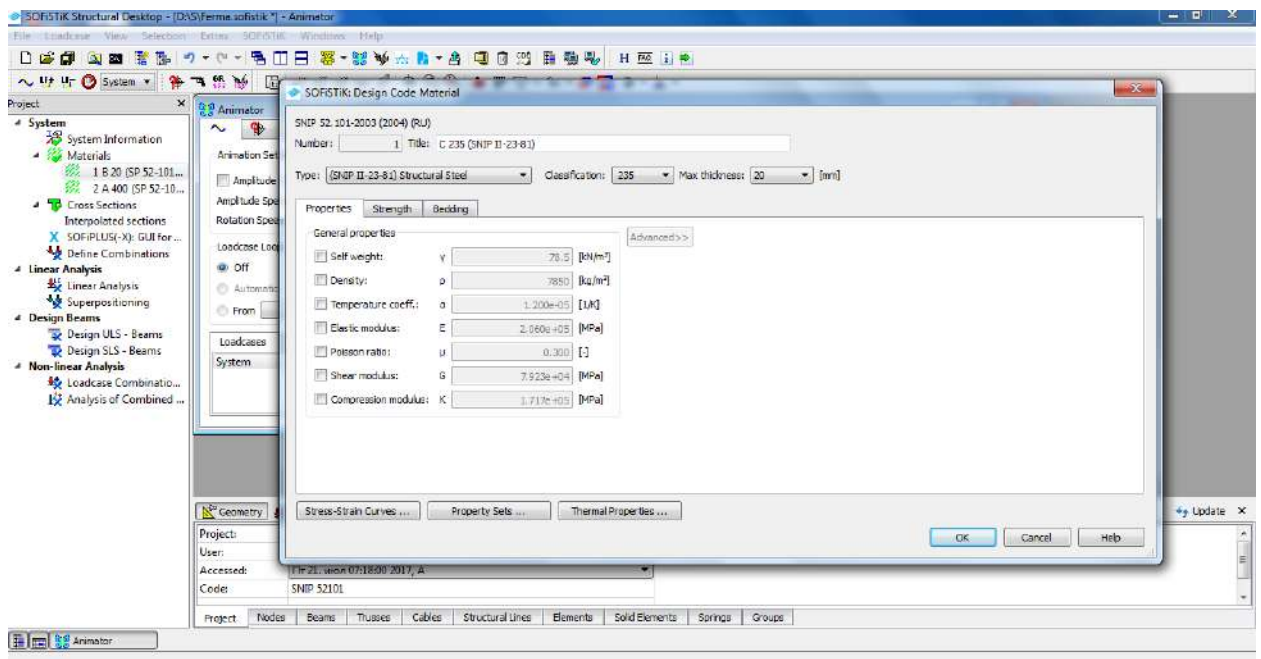


Рис. 4. Вибір матеріалу конструкції

П.2. Запускаємо графічний модуль SOFiPLUS (рис. 5), в ньому використовуючи інструменти AutoCAD креслимо розрахункову модель конструкції дотримуючись її геометричних розмірів. Для запуску SOFiPLUS зробити подвійний клік лівою кнопкою миші на SOFiPLUS(-X).

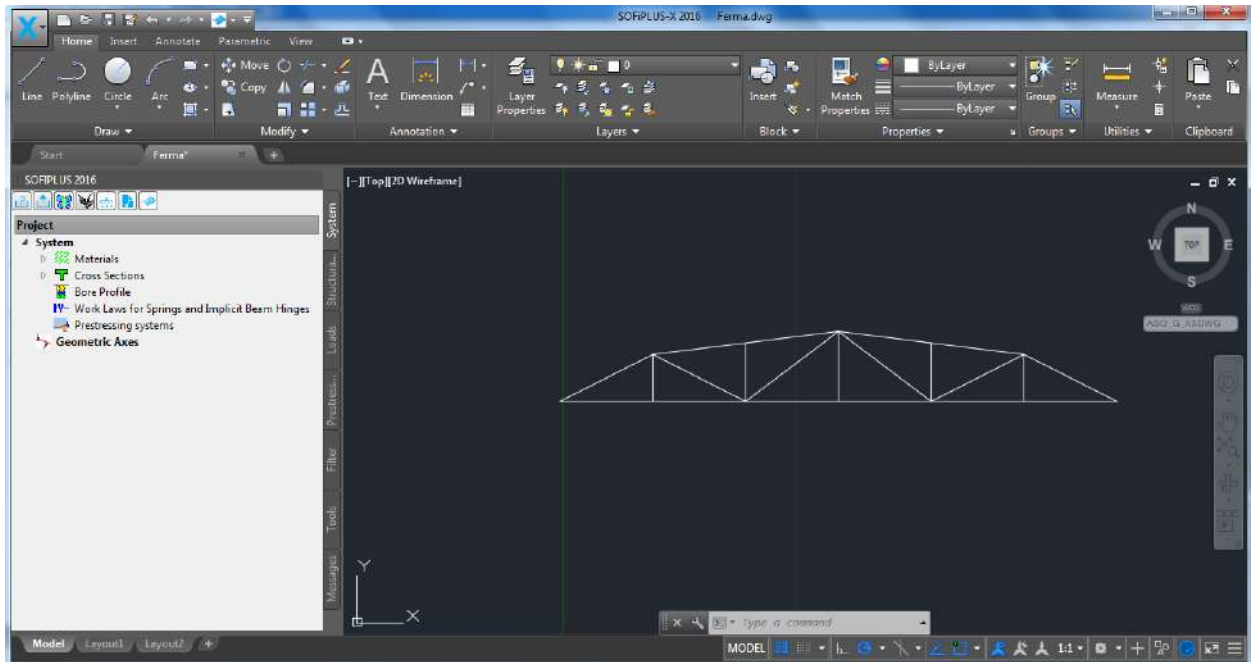


Рис. 5. Модуль SOFiPLUS

П.3. Назначаємо жорсткість елементів. В пункті Cross Sections вибираємо кутики 75x6 мм, натискаємо правою кнопкою миші на Cross Sections. Відкривається список, з якого вибираємо New Standard Sections (рис. 6).

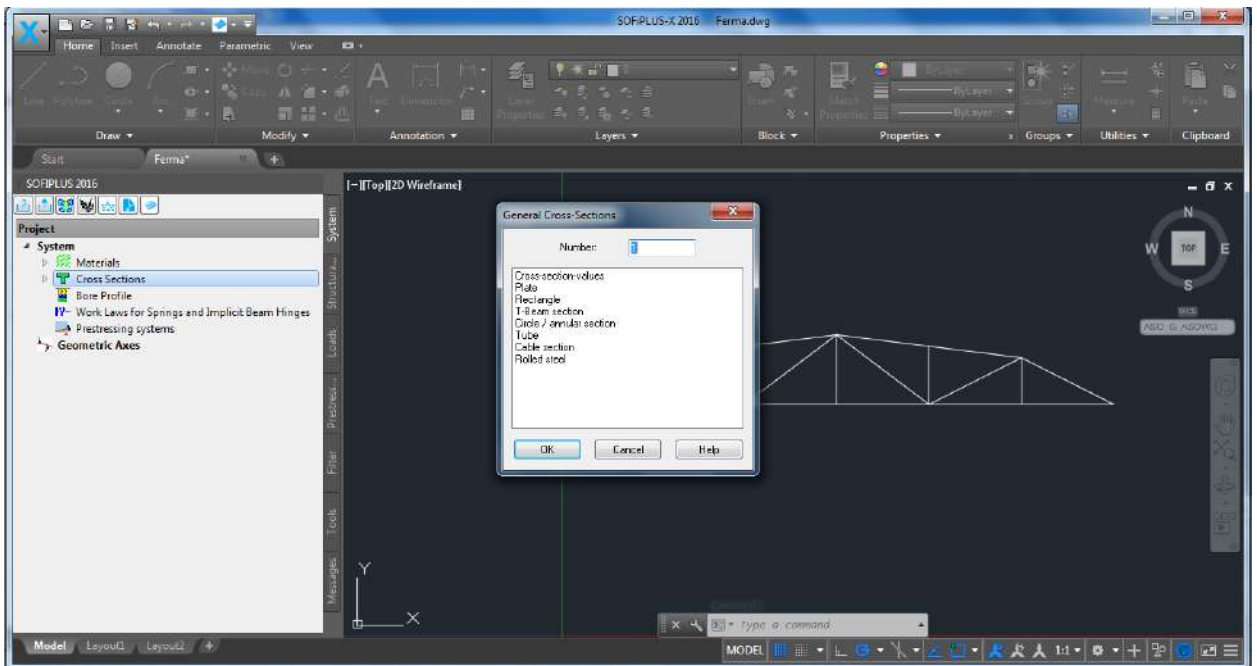


Рис. 6. Назначаємо жорсткість елементів конструкції

Із списку вибираємо Rolled Steel. В строчці Type вибираємо «L» (кутики); в строчці Referencepoint виберемо «positive»; в Mirror – «on Z axis» (рис. 7).

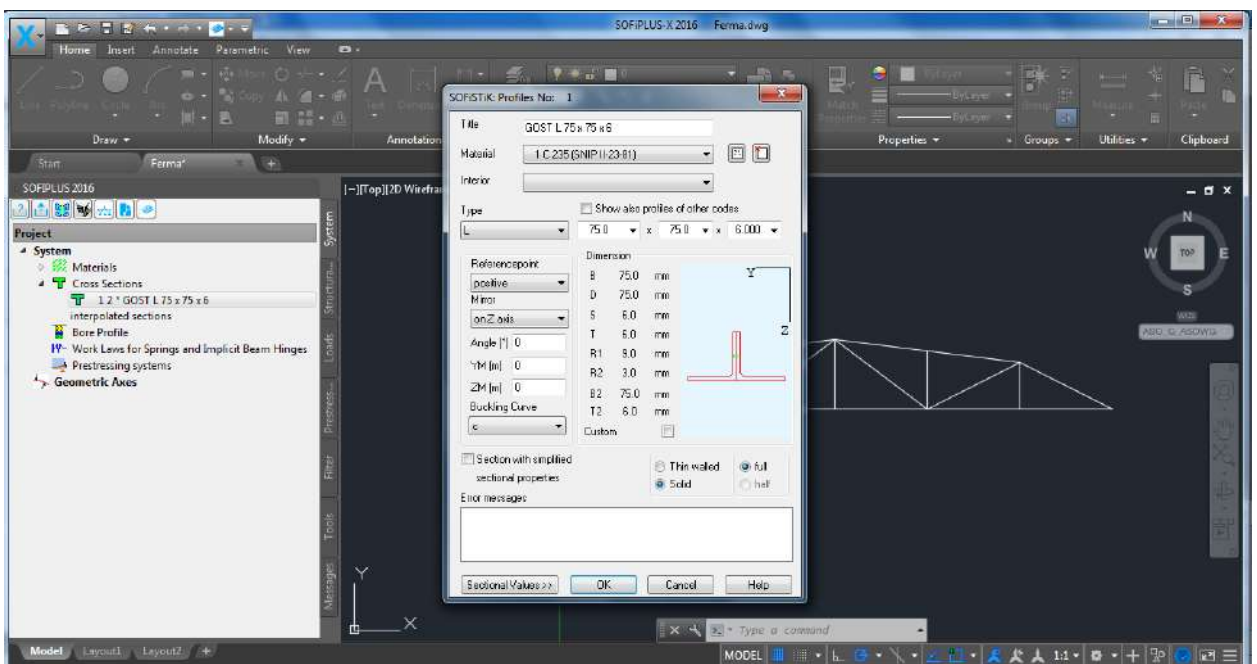


Рис. 7. Вибір поперечного перерізу елементів

Щоб назначити жорсткість елементам ферми, зайдемо в закладку Structural Elements, виберемо Line та наведемо розрахункову схему ферми (рис. 8). У вікні Structural Line Beam/Cable і в списку Element Type вибираємо Truss Element (елементи ферми), вибираємо переріз (рис. 9).

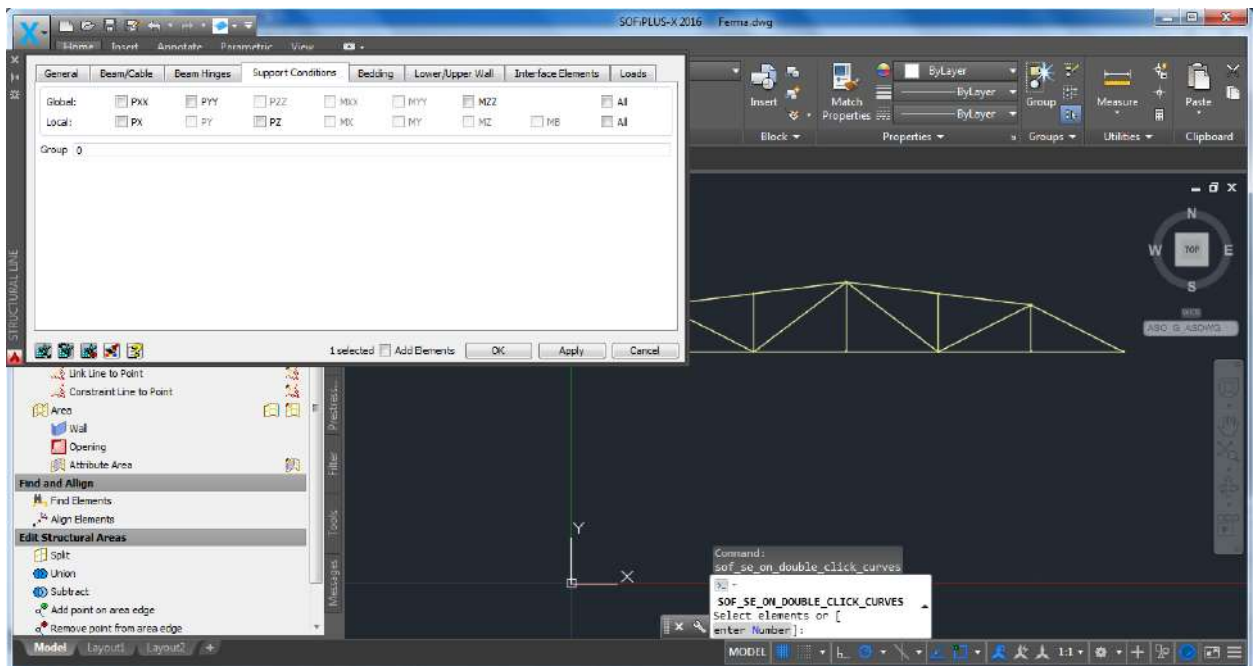


Рис. 8. Вікно Structural Elements

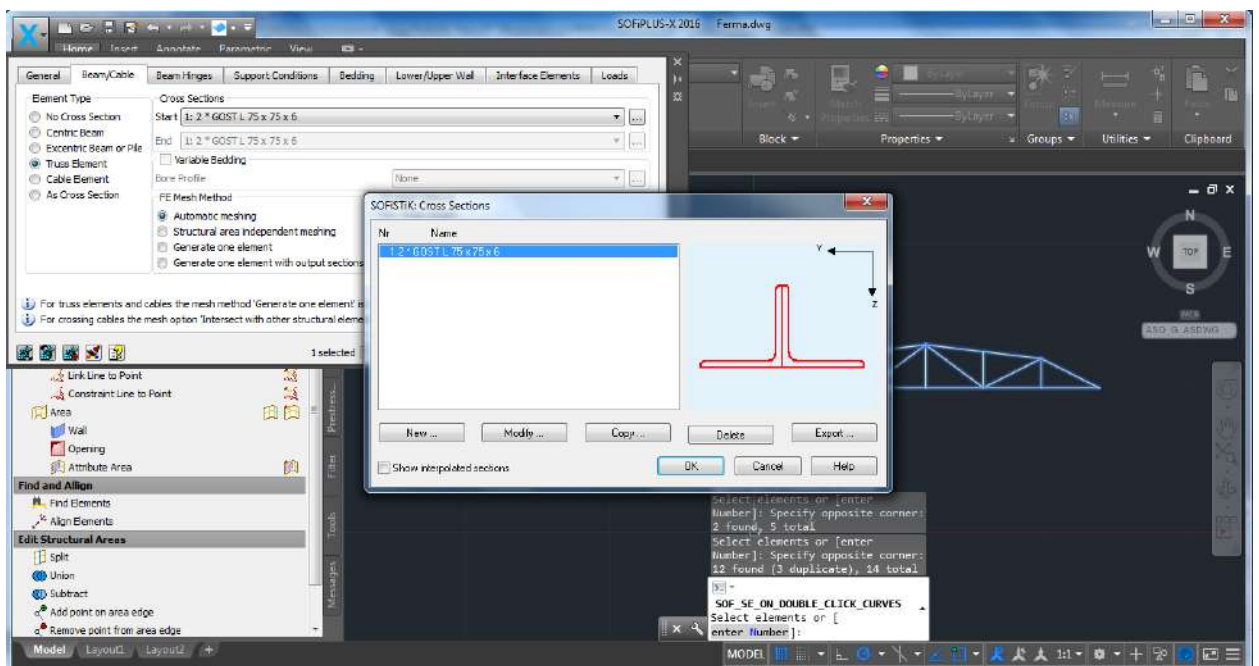


Рис. 9. Вікно Structural Line Beam/Cable

П.4. Для завдання опорних закріплень в закладці Structural Elements виберемо Point, в вікні Structural Point вибираємо закладку Support Conditions та вказуємо напрямлення, в яких накладаємо зв'язки: ліва опора – шарнірно нерухома – PXX та PYY, права – шарнірно рухома – PYY (рис. 10).

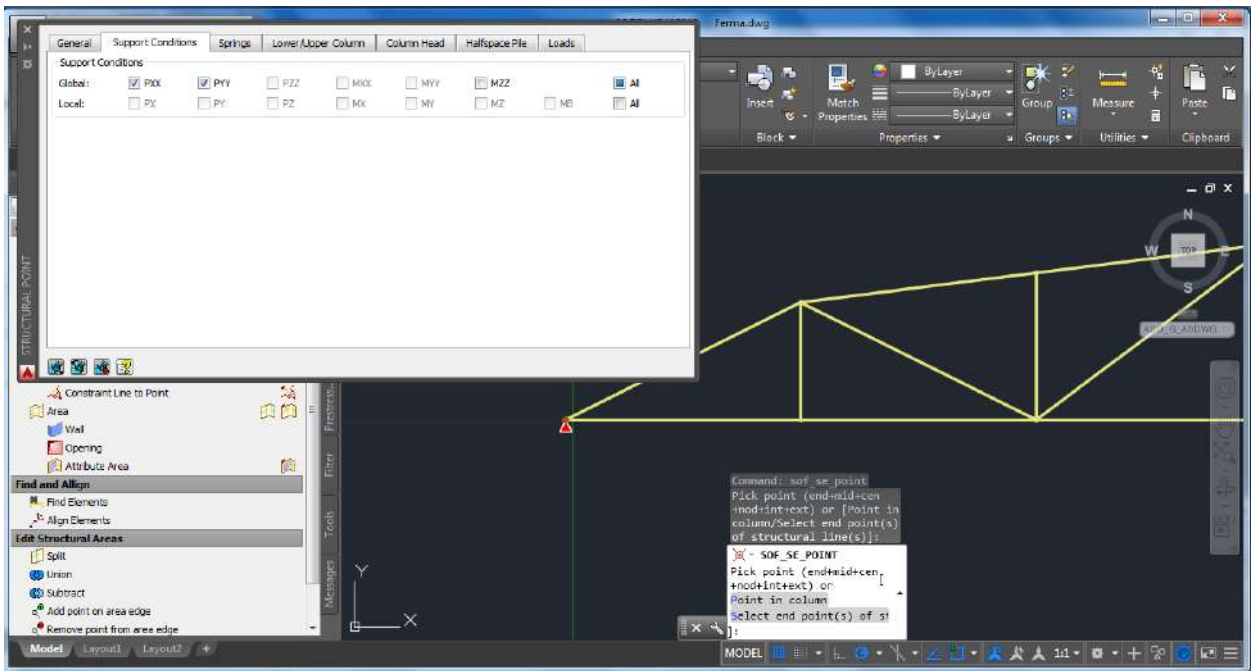


Рис. 10. Завдання опорних закріплень

П.5. Прикладаємо до ферми задане навантаження. Заходимо в закладку Loads (рис. 11.) та вибираємо Loadcase Manager. В вікні Loadcase Manager в закладці Loadcase створюємо нове навантаження з ім'ям «P=15» (рис. 12).

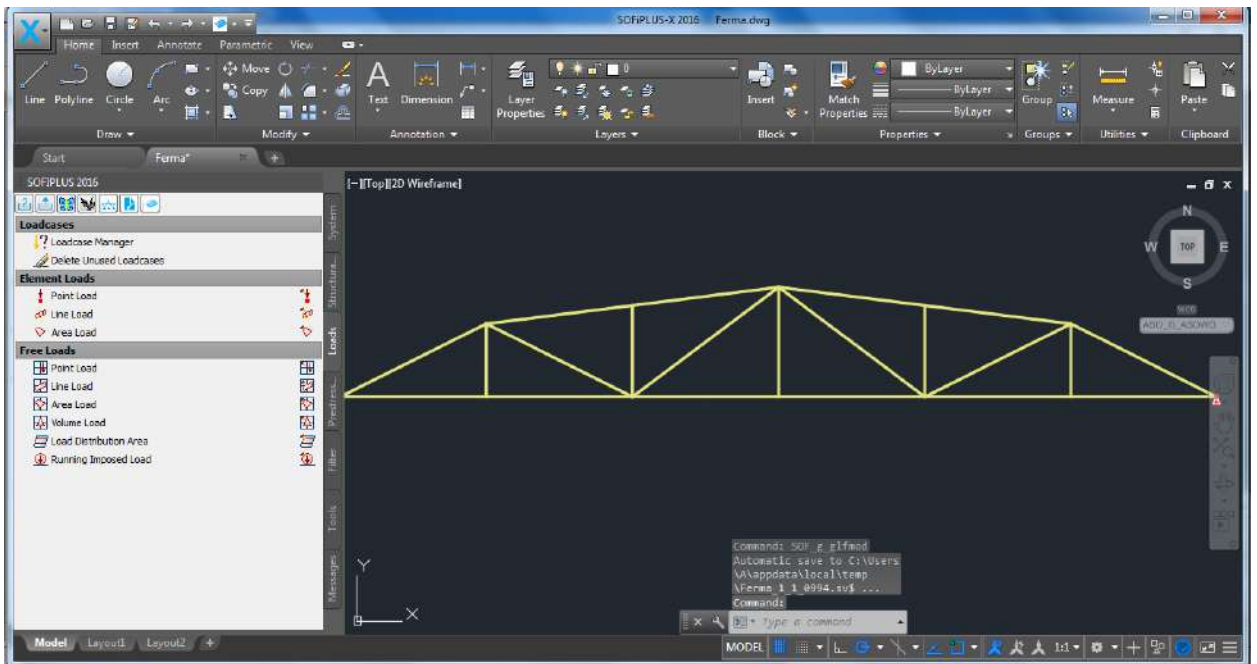


Рис. 11. Закладка Loads

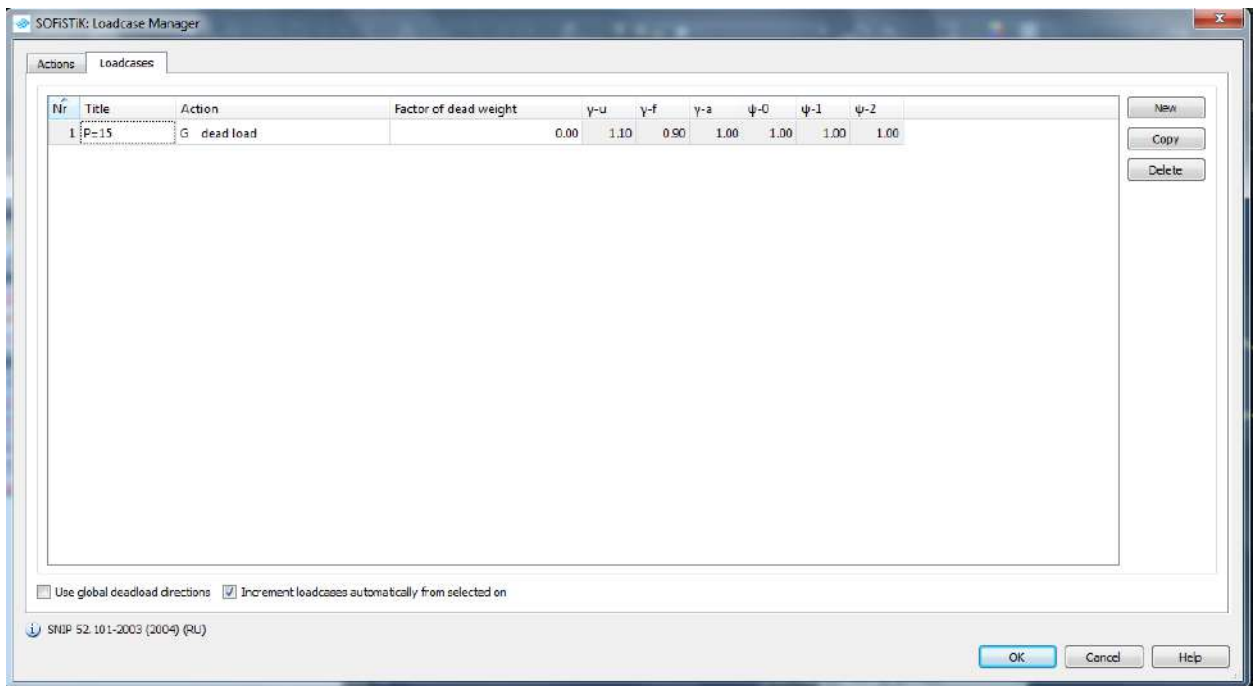


Рис. 12. Створення нового навантаження

Прикладаємо зосереджені сили до вузлів ферми, в закладці Loads вибираємо Free Loads → Point Load; в вікні, яке з'явилося, вказати величину зосередженої сили (рис. 13). Курсором вказати точки прикладення навантаження.

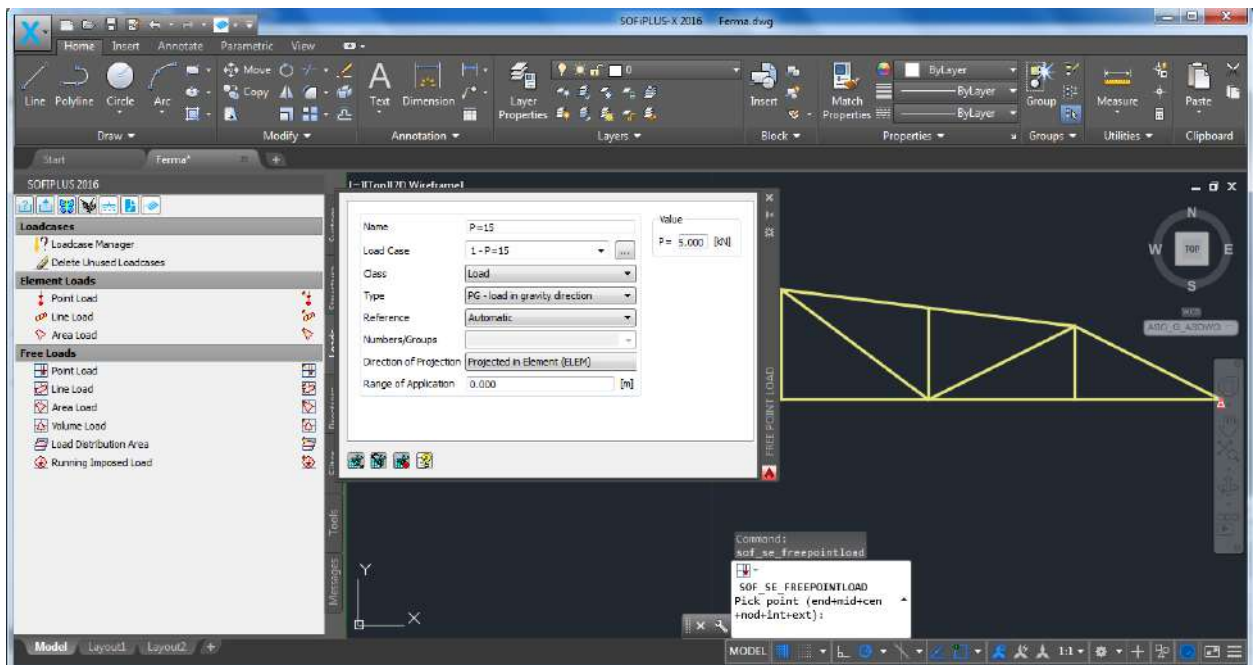



Рис. 13. Завдання величини зосередженої сили

Розрахункова схема ферми завершена (рис. 14) та готова для експорту в розрахунковий модуль програмного комплексу. Натискаємо на  та відправляємо схему в розрахунковий модуль (рис. 15).

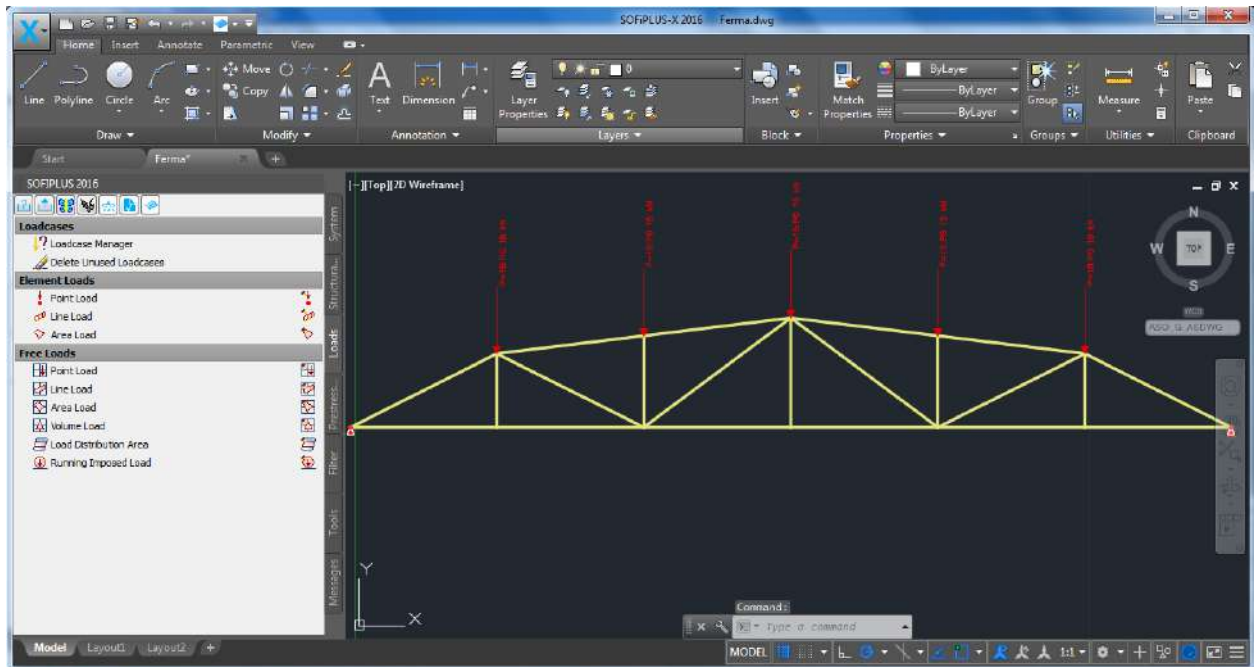


Рис. 14. Розрахункова модель

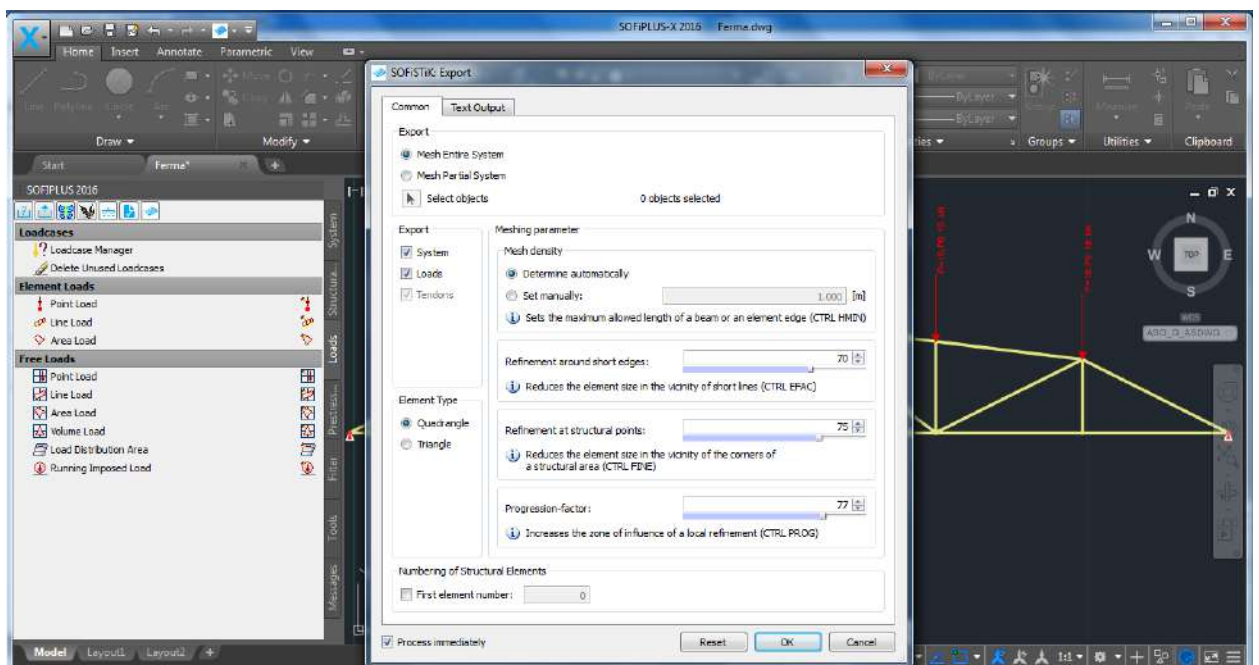


Рис. 15. Експорт моделі в SSD модуль

П.6. В модулі SSD вибираємо **Linear Analysis**→ Linear Analysis, чекаємо, поки завершиться розрахунок (рис. 16).

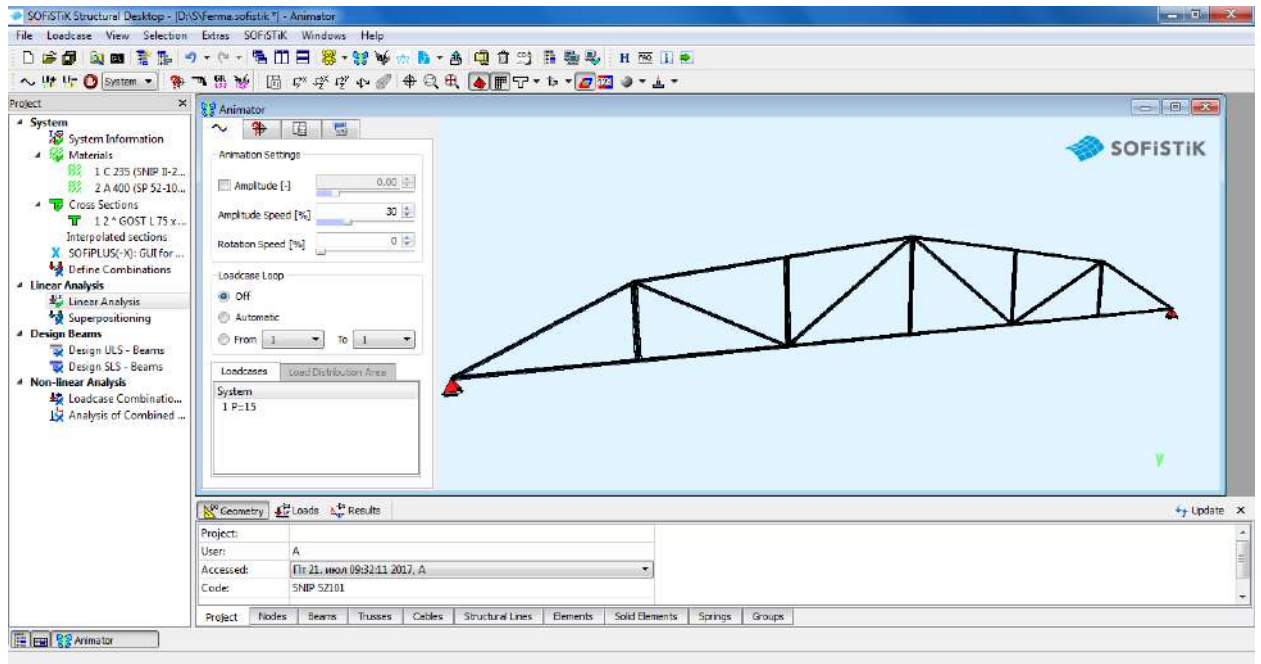



Рис. 16. Лінійний розрахунок ферми

Сформуємо звіт розрахунку. Натискаємо , звіт сформується в автоматичному режимі.

3. Розрахунок залізобетонної рами

Вихідні дані:

Розміри рами — $h = 3$ м; $l = 5$ м. Поперечний переріз: ригеля — $b_p \times h_p = 40 \times 60$ см, стійки — $b_c \times h_c = 40 \times 40$ см. Рама (рис. 17) виконана з бетону класом В25, арматура — А400с.

Навантаження: постійне — $q = 15$ кН/м; тимчасове — $P = 5$ кН.

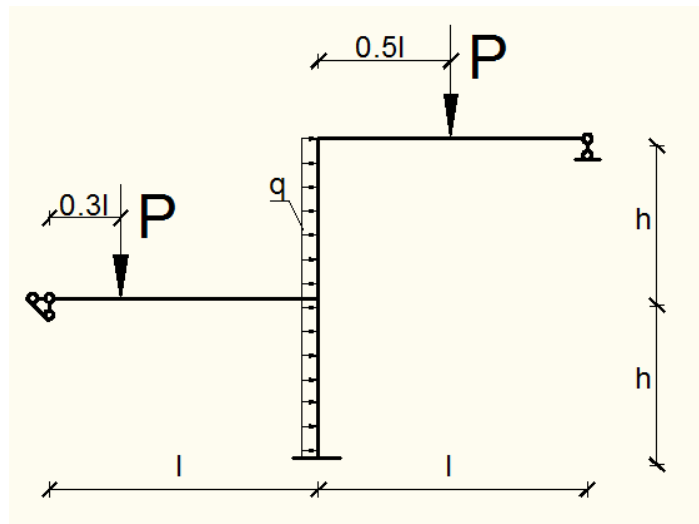


Рис. 17. Розрахункова схема рами

Розрахунок будемо виконувати в такій послідовності:

1. Назначаємо матеріали, з яких виконана конструкція.
2. В програмному комплексі створюємо розрахункову схему.
3. Назначаємо жорсткість елементів конструкції.
4. Назначаємо опорні закріплення.
5. Завантажуємо ферму заданим навантаженням.
6. Виконуємо розрахунок.

Запускаємо SOFiSTiK та створюємо новий проект (рис. 18).

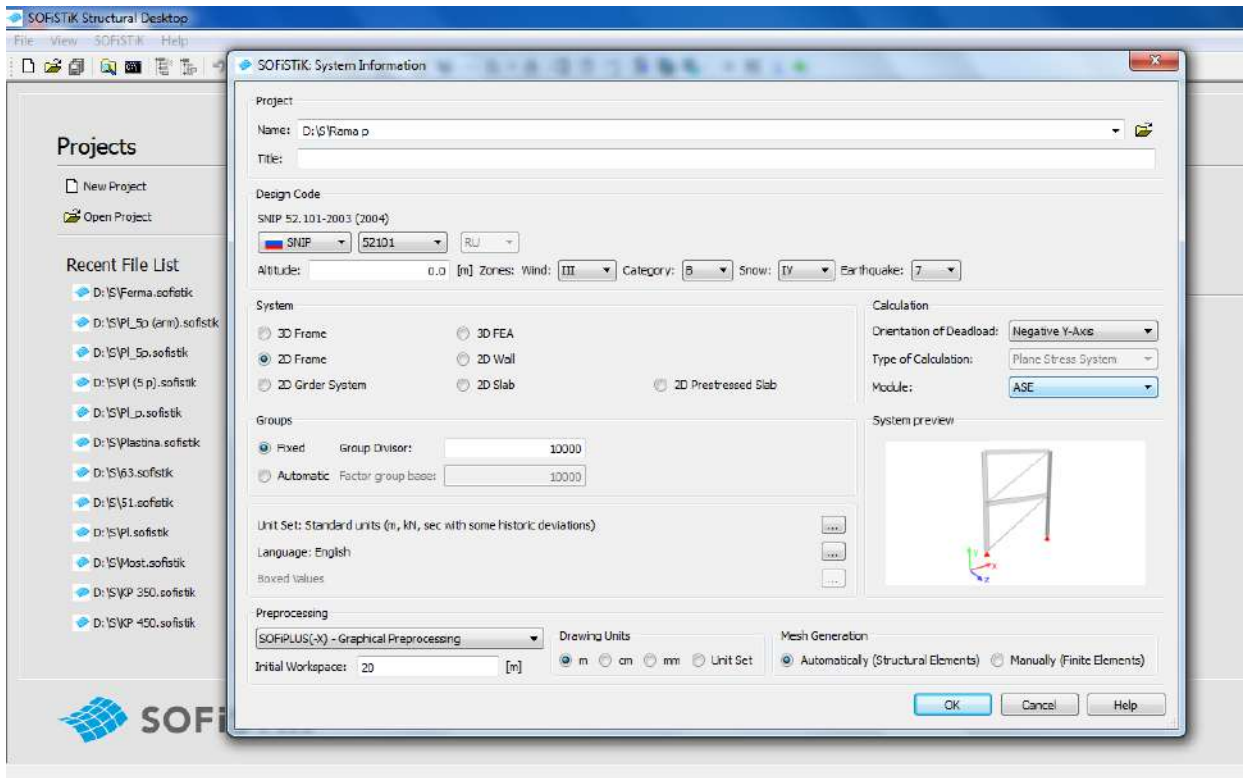


Рис. 18. Створення нового проекту в SOFiSTiK

П.1. В розрахунковому модулі SSD назначаємо матеріал конструкції – бетон В 25. Для цього в пункті Materials потрібно зробити подвійній клік лівою кнопкою миші на строчці з матеріалом (В 20). У відчиненому вікні вибрати Classification 25 (рис. 19).

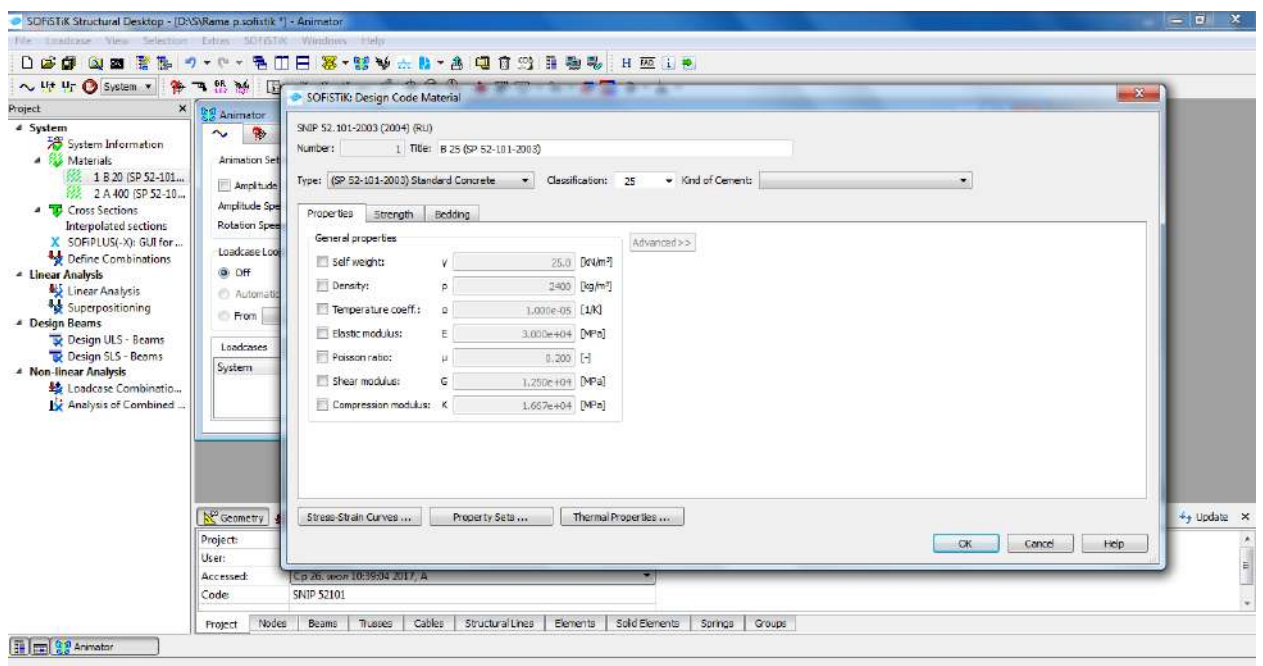


Рис. 19. Вибір матеріалу конструкції

П.2. Запускаємо графічний модуль SOFiPLUS (рис. 20), в ньому, використовуючи інструменти AutoCAD, креслимо розрахункову модель конструкції, дотримуючись її геометричних розмірів. Для запуску SOFiPLUS потрібно зробити подвійний клік лівою кнопкою миші на SOFiPLUS(-X).

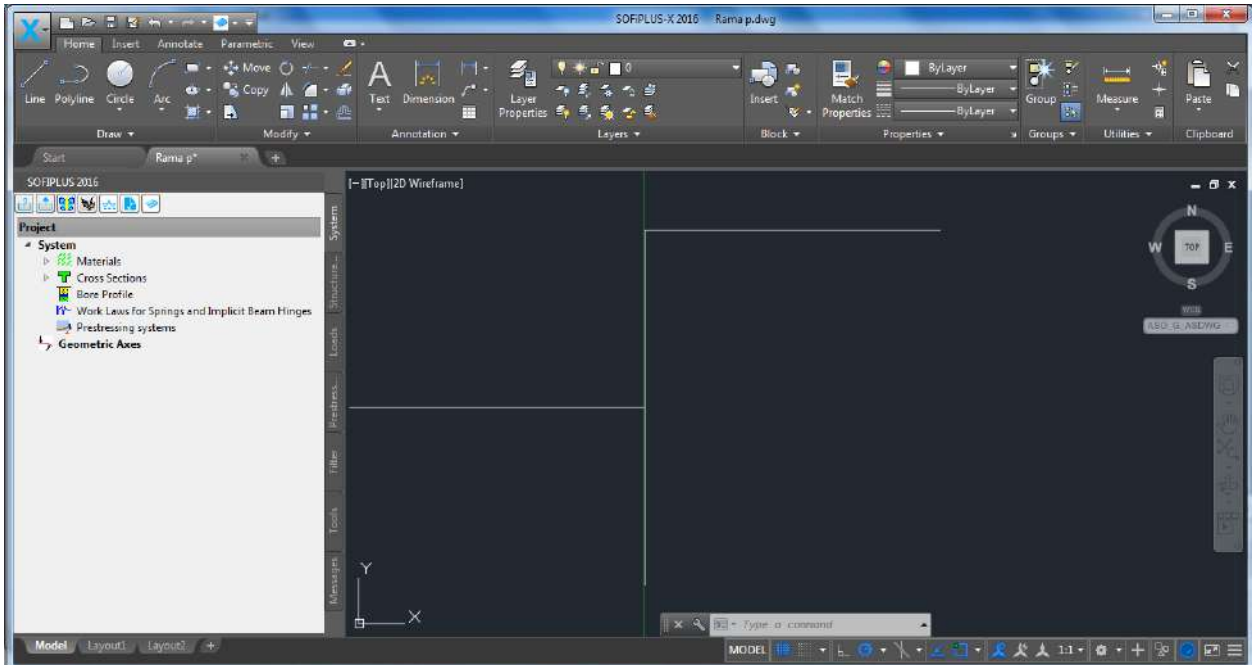


Рис. 20. Модуль SOFiPLUS

П.3. Назначаємо жорсткість елементів. Натискаємо правою кнопкою миші на Cross Sections. Відкривається список, з якого вибираємо New Standard Sections (рис. 21).

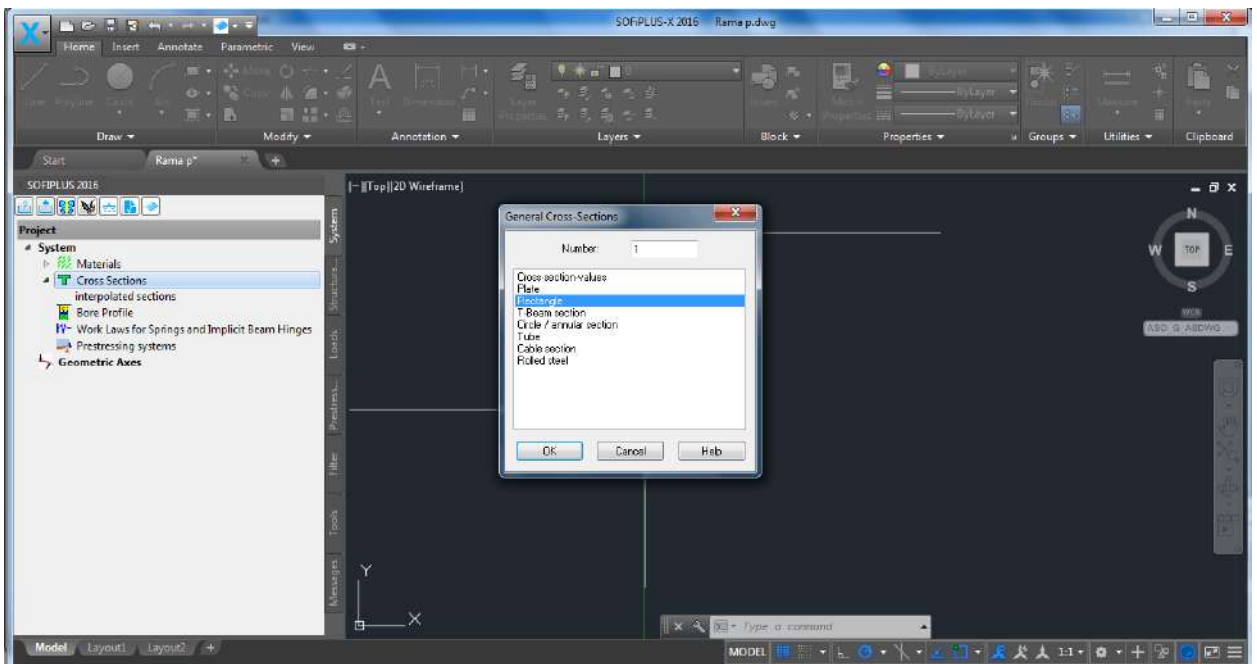


Рис. 21. Назначаємо жорсткість елементів конструкції

Із списку вибираємо Rectangle. В строчці Section Type записуємо ім'я, вказуємо розміри поперечного перерізу (рис. 22, рис. 23).

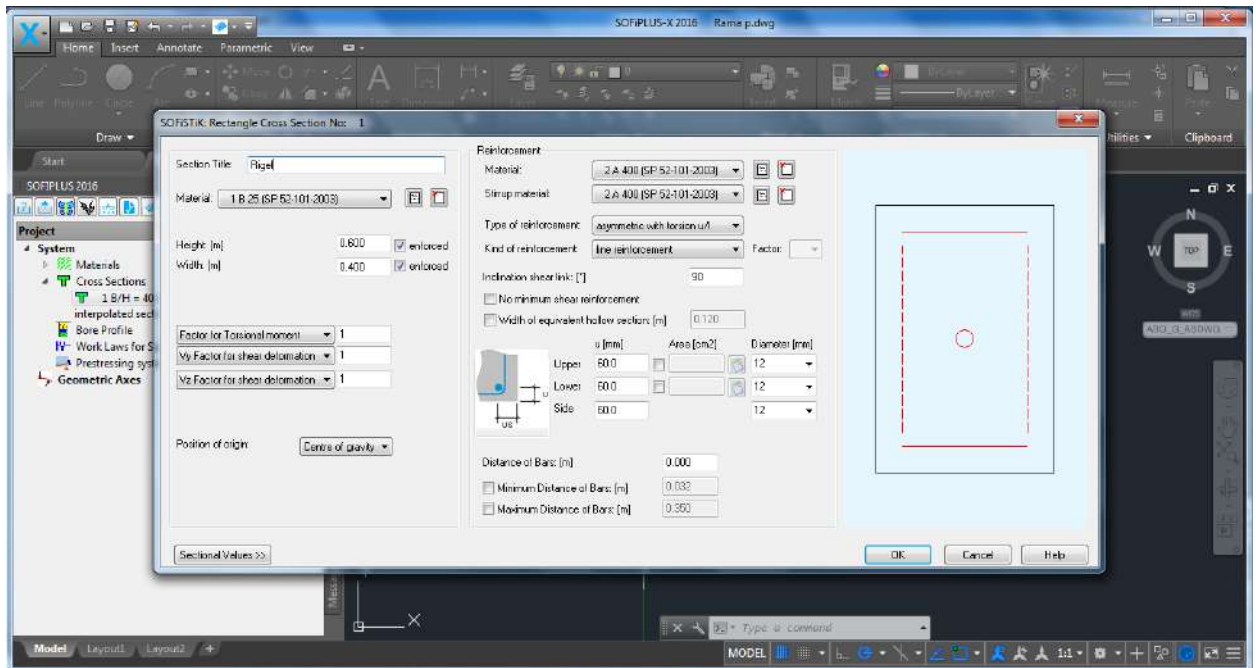


Рис. 22. Вибір поперечного перерізу елементів (ригель)

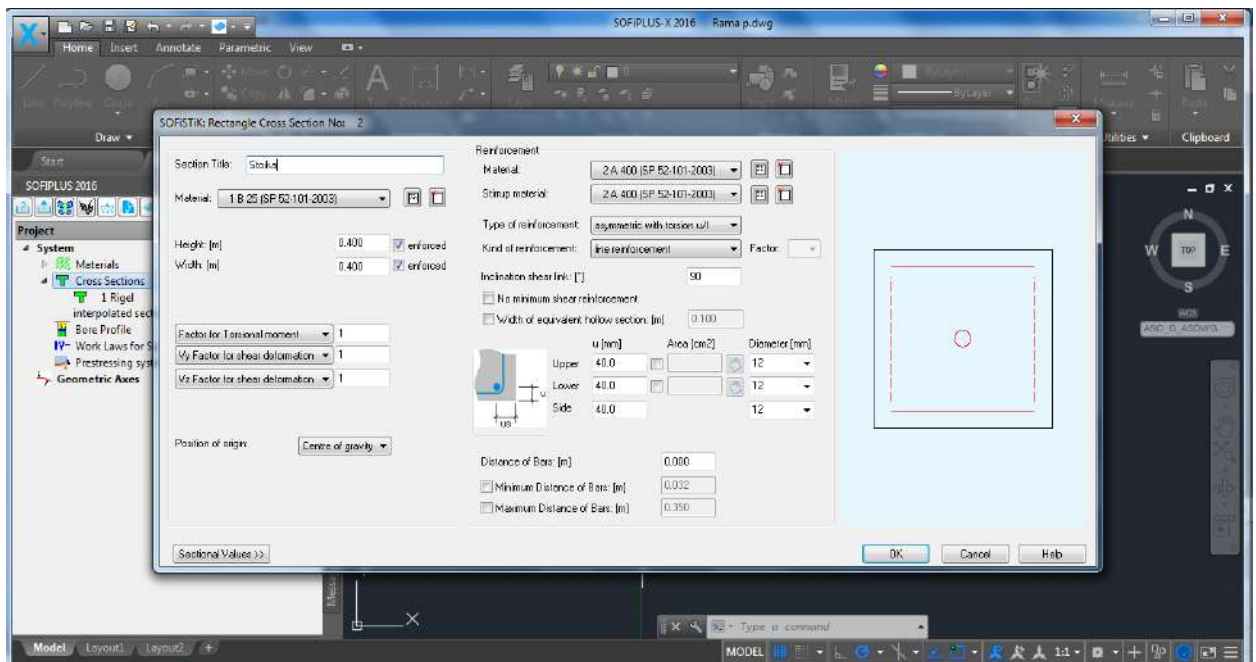


Рис. 23. Вибір поперечного перерізу елементів (стойка)

Щоб призначити жорсткість елементам ферми, зайдемо в закладку Structural Elements, виберемо Line та наведемо розрахункову схему рами. В

вікні Structural Line Beam/Cable і в списку Element Type вибираємо Centric Beam (балочні елементи), вибираємо переріз (рис. 24, рис. 25).

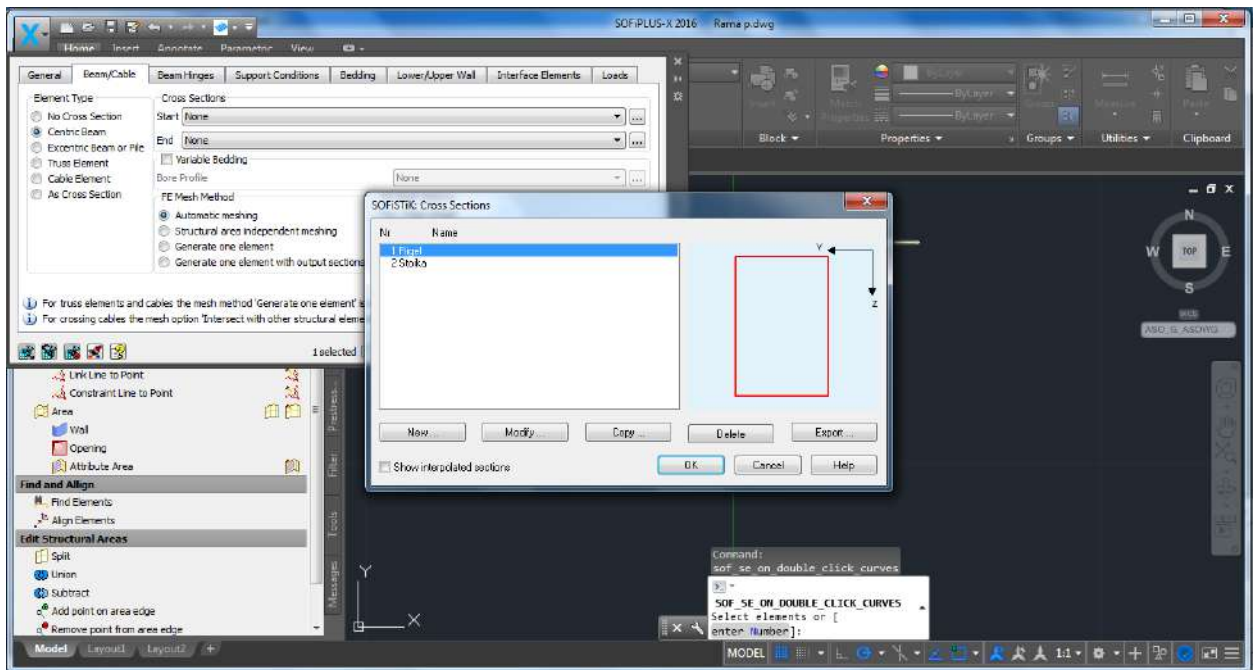


Рис. 24. Призначення жорсткості елементам ферми (ригель)

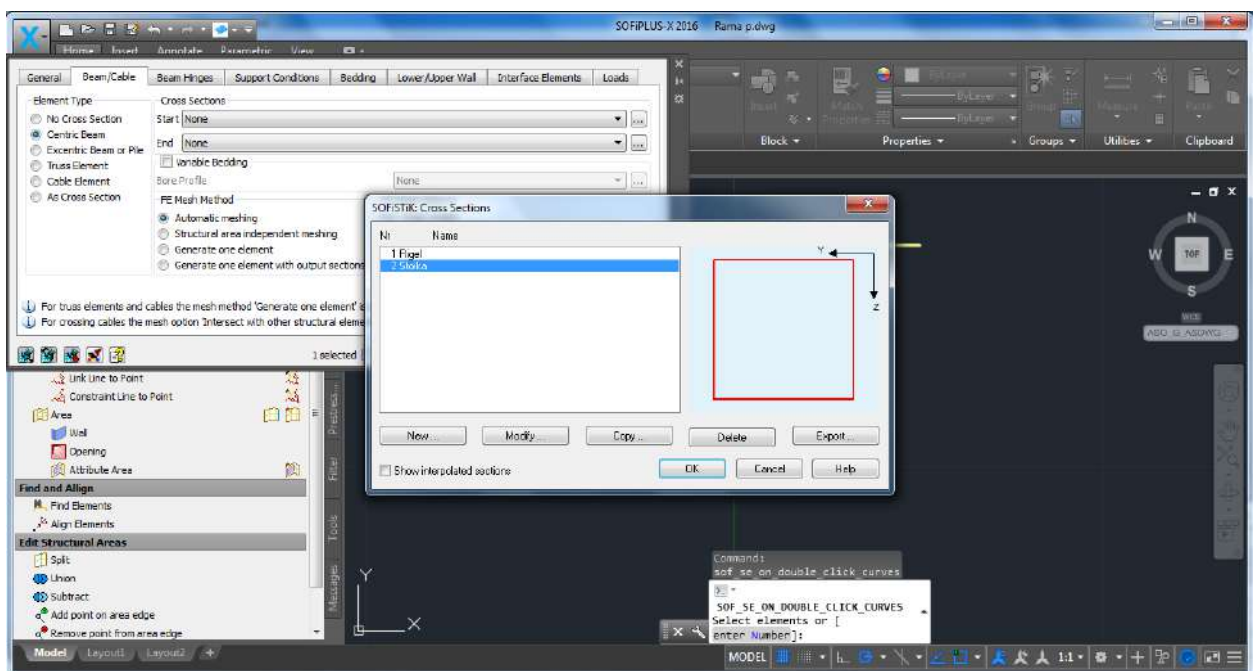


Рис. 25. Призначення жорсткості елементам ферми (стойка)

П.4. Для завдання опорних закріплень в закладі Structural Elements виберемо Point, в вікні Structural Point вибираємо закладку Support Conditions та вказуємо напрямлення, в яких накладаємо зв'язки: ліва опора – шарнірно

нерухома – PXX та PYY; права – шарнірно рухома – PYY; жорстке закріплення – PXX, PYY та MZZ (рис. 26).

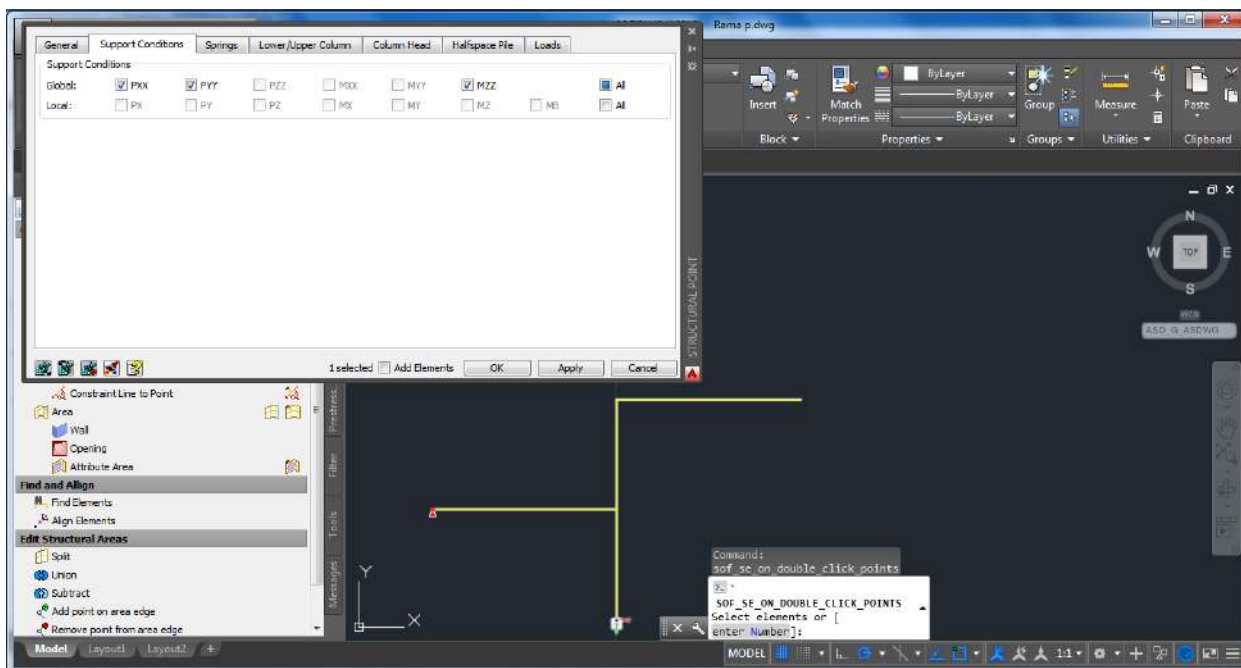


Рис. 26. Завдання опорних закріплень

П.5. Прикладаємо до ферми задане навантаження. Заходимо в закладку Loads (рис.10.) та вибираємо Loadcase Manager. В вікні Loadcase Manager в закладці Loadcase створюємо навантаження з іменами «q = 15» та «P = 5» (рис. 27, рис. 28).

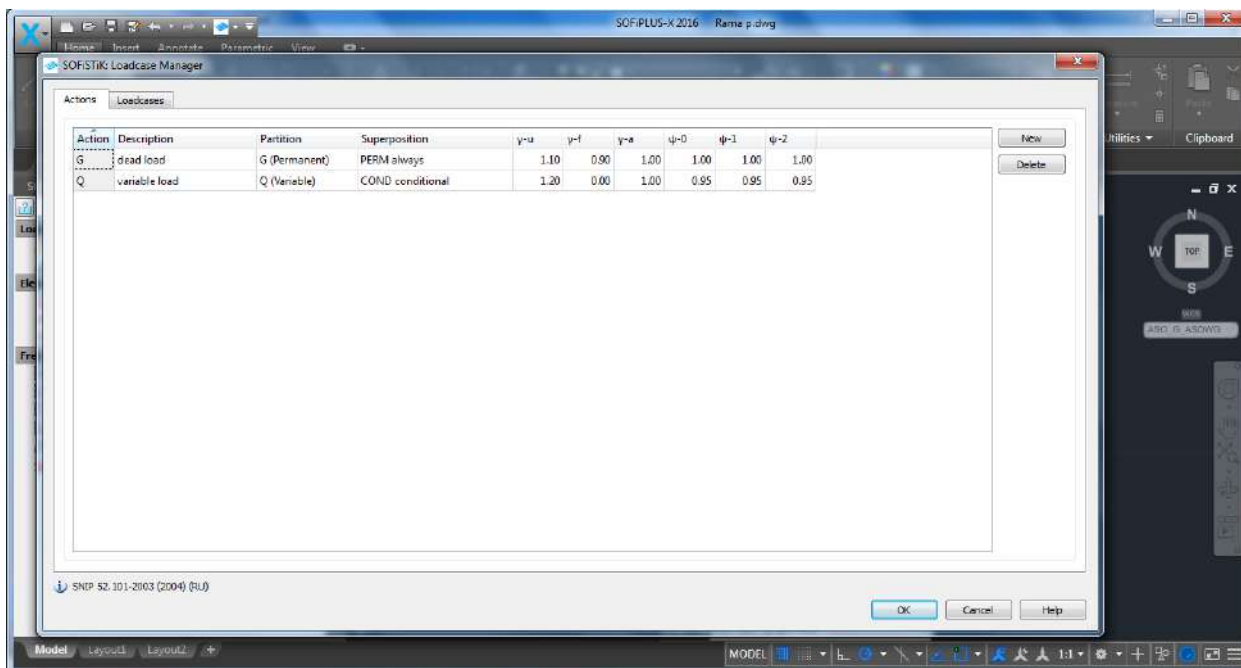


Рис. 27. Призначення навантаження (крок 1)

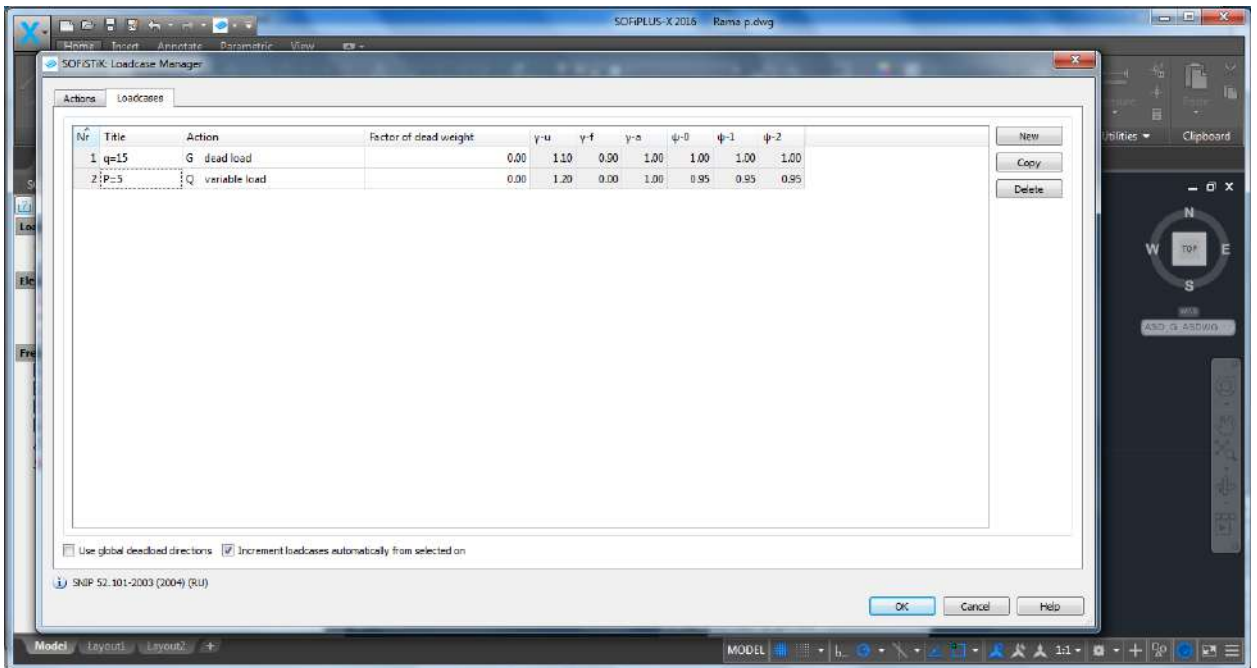


Рис. 28. Призначення навантаження (крок 2)

Завантажимо раму розподіленим навантаженням. В закладці Loads вибираємо Free Loads → Line Load. В вікні, яке з'явилося, вказати інтенсивність навантаження (рис. 29). Курсором вказати крайні точки лінії, по якій прикладене навантаження.

Прикладаємо зосереджені сили рами. В закладці Loads вибираємо Free Loads → Point Load. В вікні, яке з'явилося, вказати величину зосередженої сили (рис. 30). Курсором вказати точки прикладення навантаження.

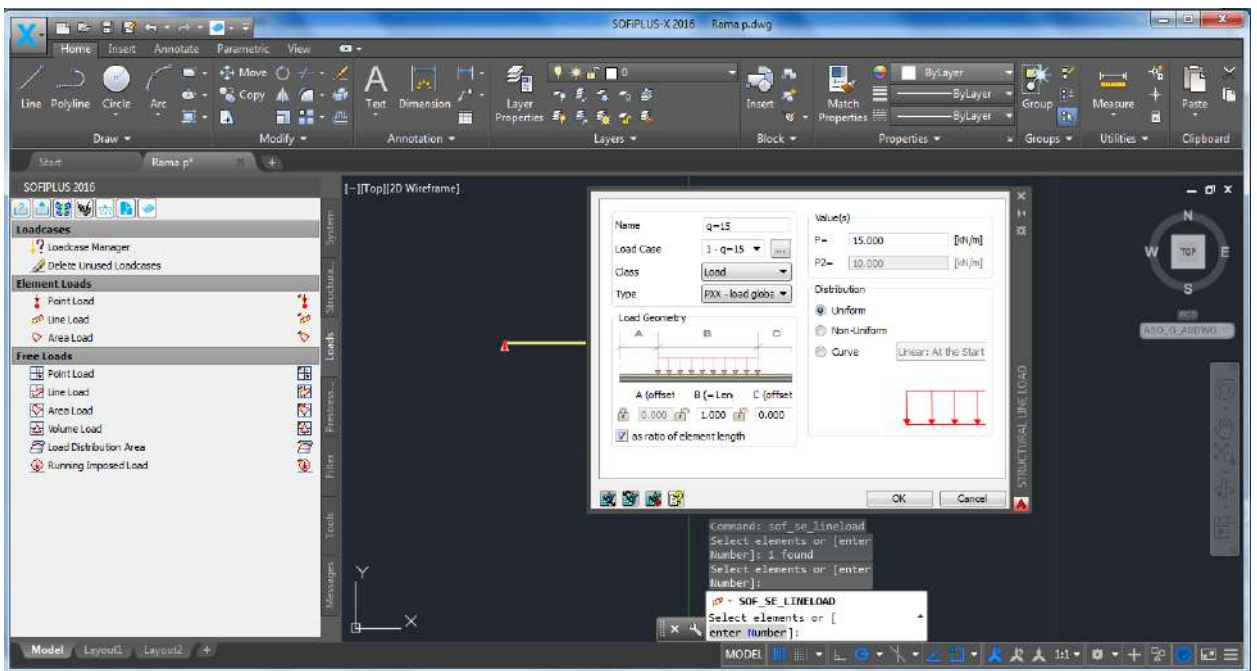


Рис. 29. Завдання розподіленого навантаження

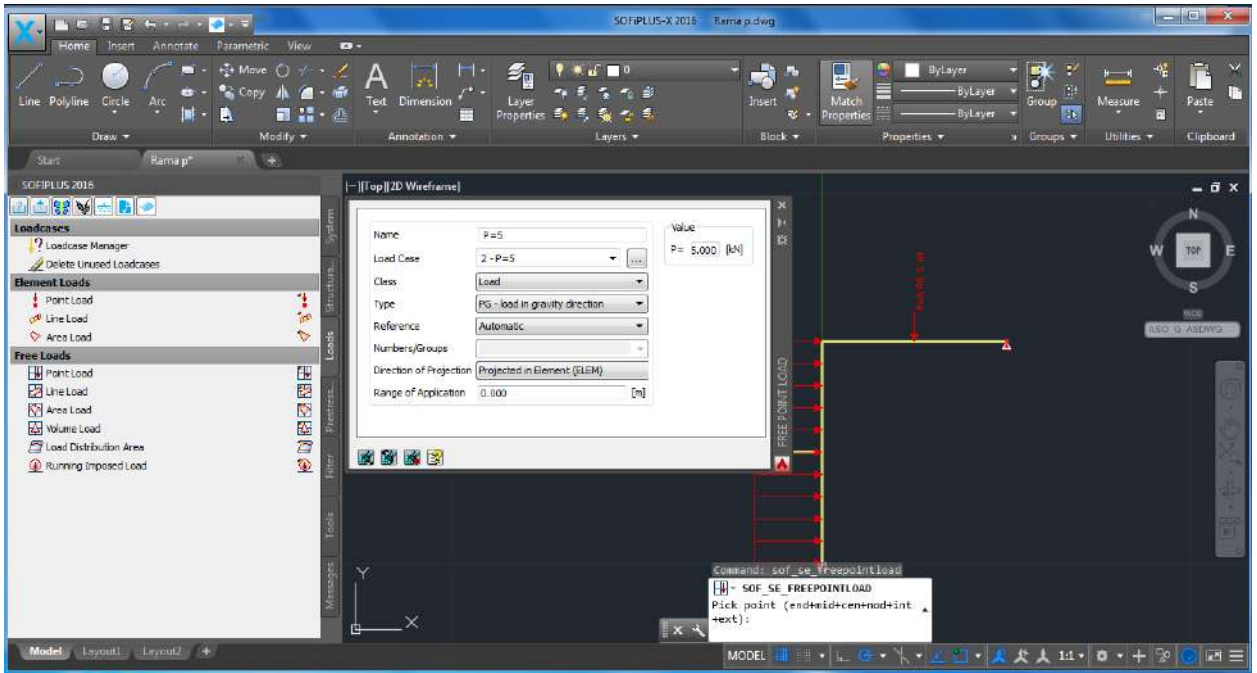



Рис. 30. Завдання величини зосередженої сили

Розрахункова схема ферми завершена (рис. 31) та готова для експорту в розрахунковий модуль програмного комплексу. Натискаємо на  та відправляємо схему в розрахунковий модуль (рис. 32).

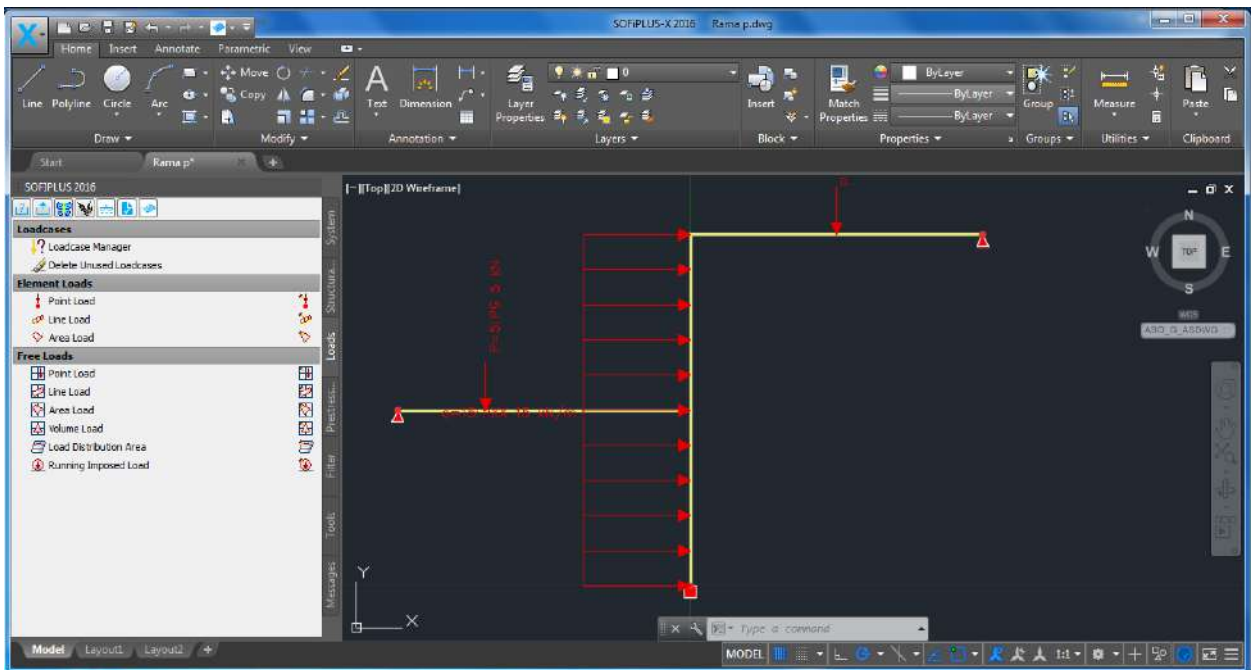


Рис. 31. Розрахункова модель

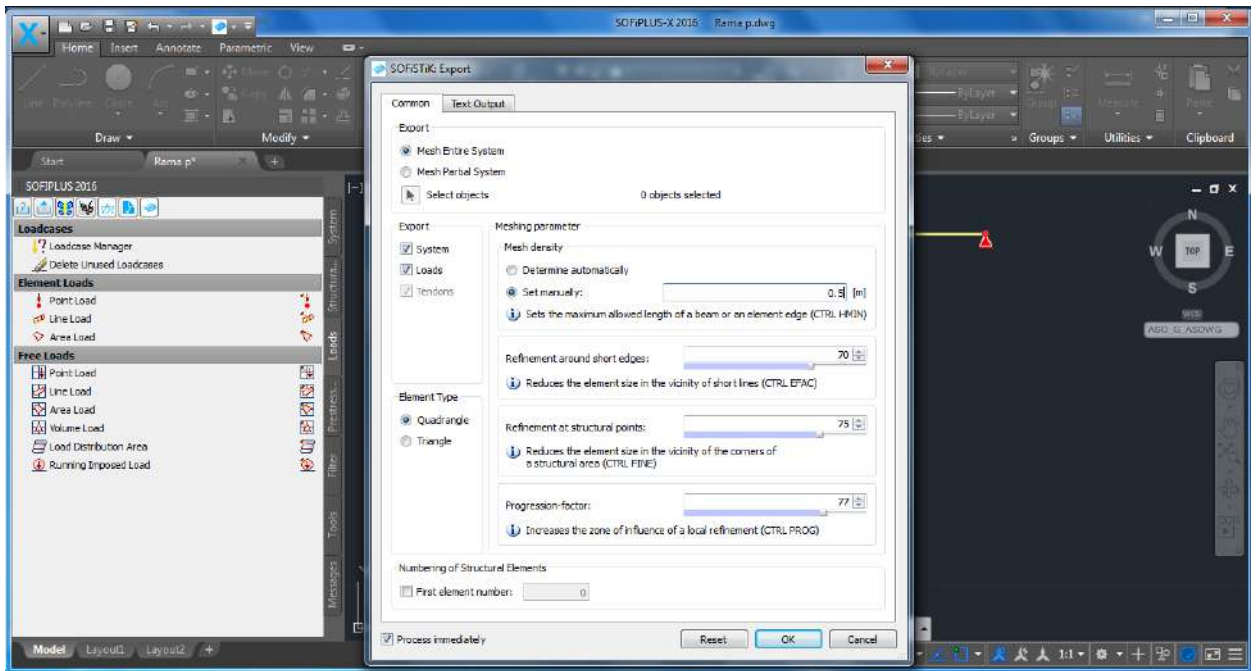


Рис. 32. Експорт моделі в SSD модуль

П.6. В модулі SSD вибираємо **Linear Analysis** → Linear Analysis, чекаємо, поки завершиться розрахунок (рис. 33).

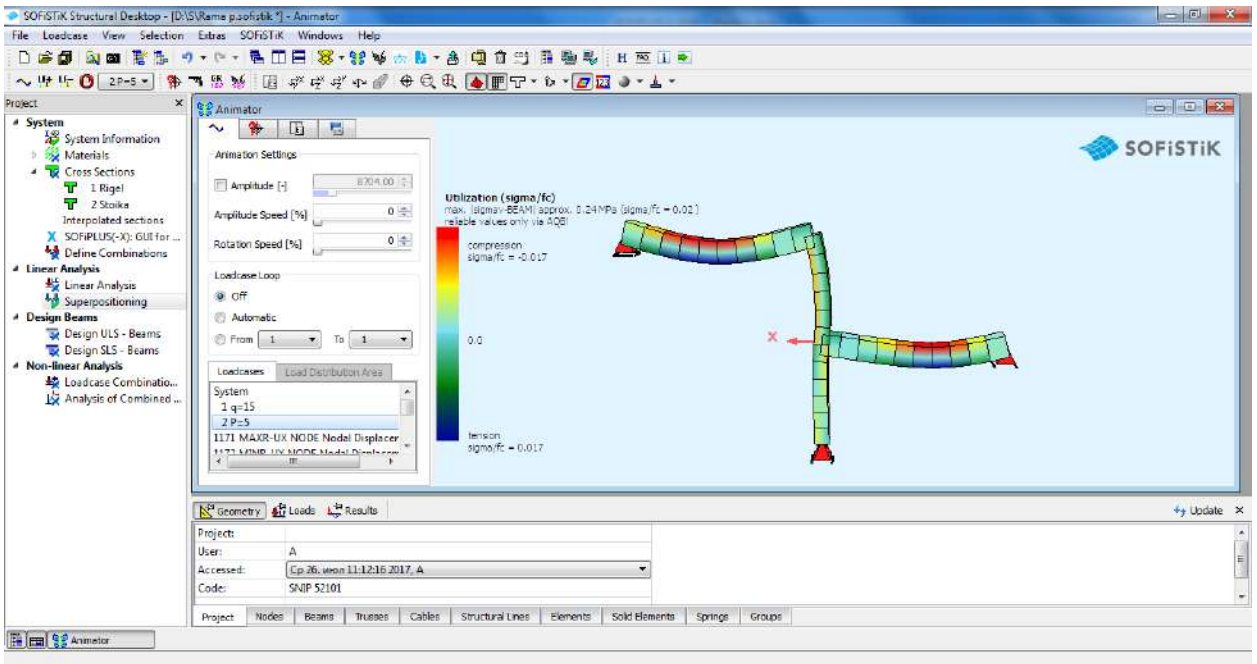


Рис. 33. Лінійний розрахунок рами

Щоб сформувати звіт розрахунку, натискаємо .

4. Розрахунок пластини

Вихідні дані:

Розміри пластини — $b = 3$ м; $l = 6$ м, товщина — $h = 25$ см. Пластина виконана з бетону класом В20, жорстко закріплена по чотирьох сторонах.

Навантаження: штамп $q = 8$ кН/м з розмірами 1×2 м., прикладений в середині пластини (рис. 34).

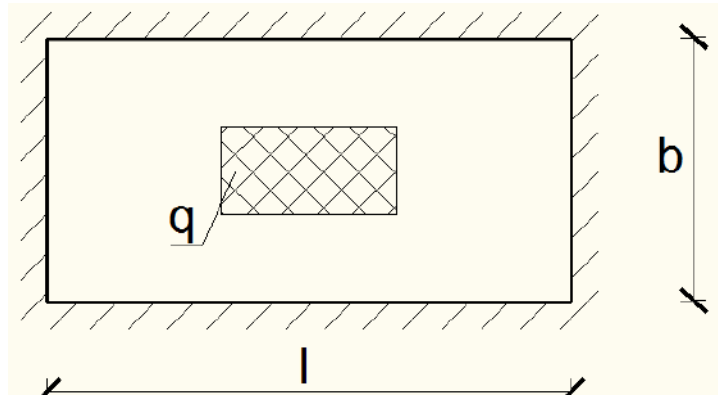


Рис. 34. Розрахункова схема пластини

Розрахунок будемо виконувати в такій послідовності:

1. Назначаємо матеріали, з яких виконана конструкція.
2. В програмному комплексі створюємо розрахункову схему.
3. Назначаємо жорсткість конструкції.
4. Назначаємо опорні закріплення.
5. Завантажуємо пластину заданим навантаженням.
6. Виконуємо розрахунок.

Запускаємо SOFiSTiK та створюємо новий проект (рис. 35).

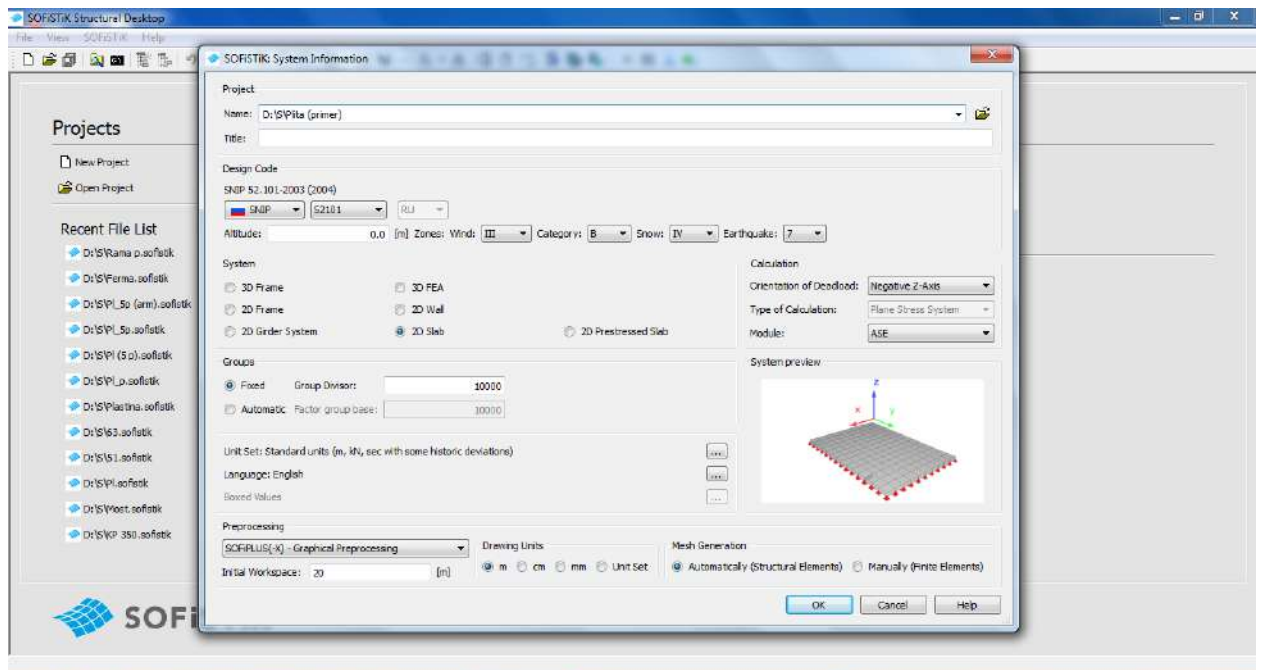


Рис. 35. Створення нового проекту в SOFiSTiK

П.1. В розрахунковому модулі SSD назначаємо матеріал конструкції, бетон В 20 вибраний за замовчуванням (рис. 36).

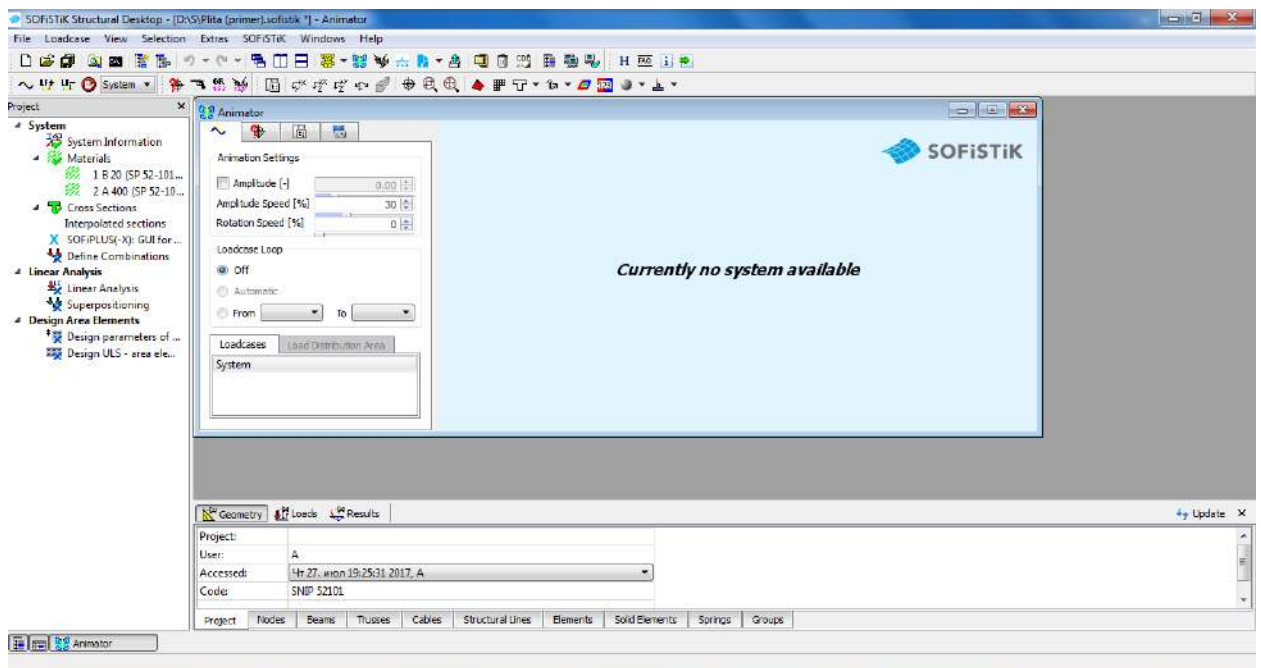


Рис. 36. Вибір матеріалу пластини

П.2. Запускаємо графічний модуль SOFiPLUS (рис. 37), в ньому, використовуючи інструменті AutoCAD, креслимо розрахункову модель конструкції, дотримуючись її геометричних розмірів. Для запуску SOFiPLUS потрібно зробити подвійній клік лівою кнопкою миші на SOFiPLUS(-X).

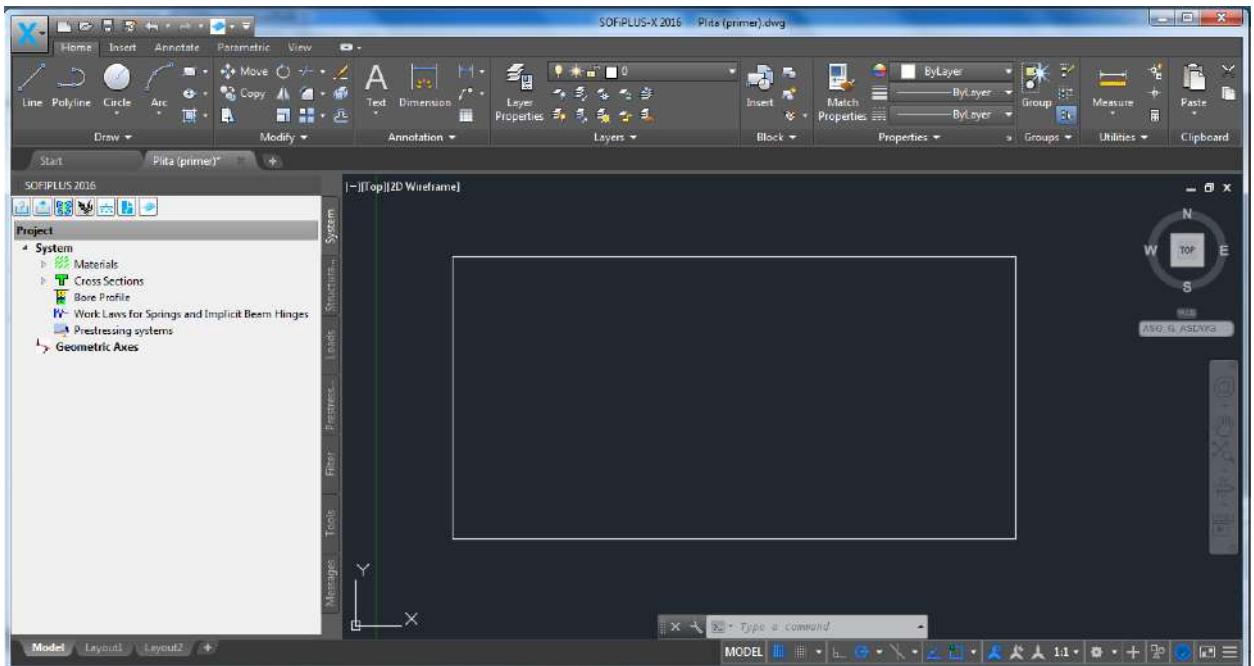


Рис. 37. Модуль SOFiPLUS

П.3. Назначаємо жорсткість пластини. В закладці Structural вибираємо Area і вказуємо кути пластини. В вікні Structural Area в строчці Thickness вказати товщину пластини (рис. 38).

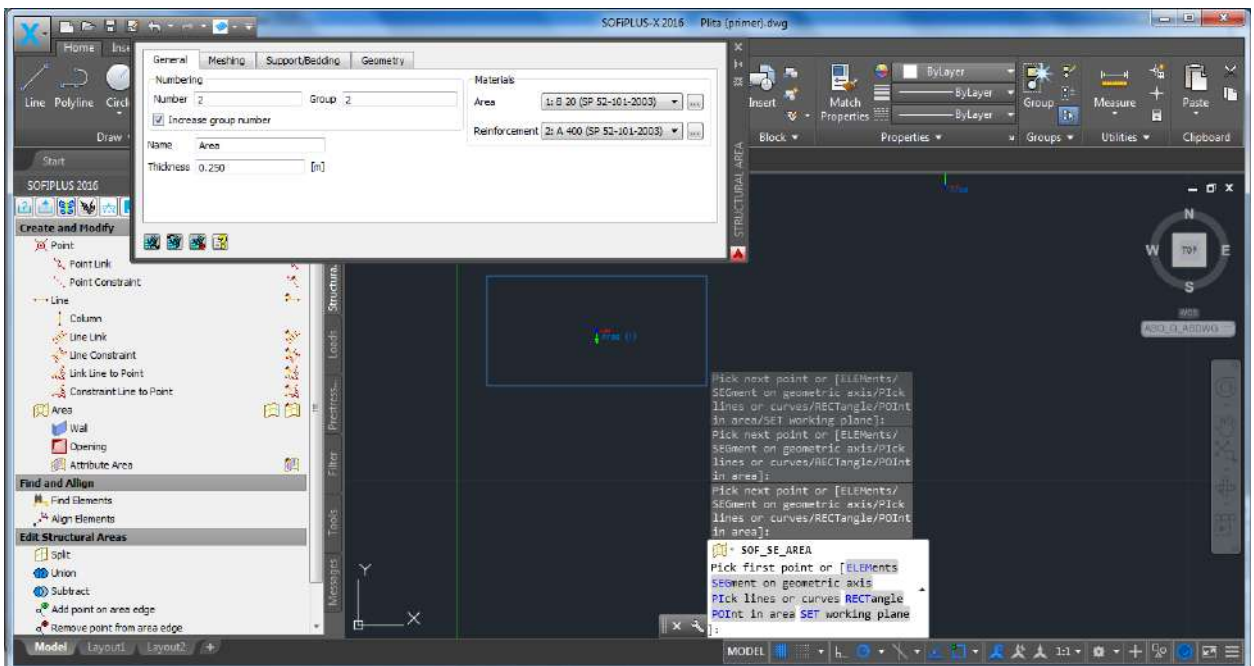


Рис. 38. Назначаємо товщину пластини

П.4. Для завдання опорних закріплень в закладці Structural Elements виберемо Line, в вікні Structural Line вибираємо закладку Support Conditions та вказуємо напрямлення, в яких накладаємо зв'язки: жорстке закріплення – PZZ, MX та MY (рис. 39).

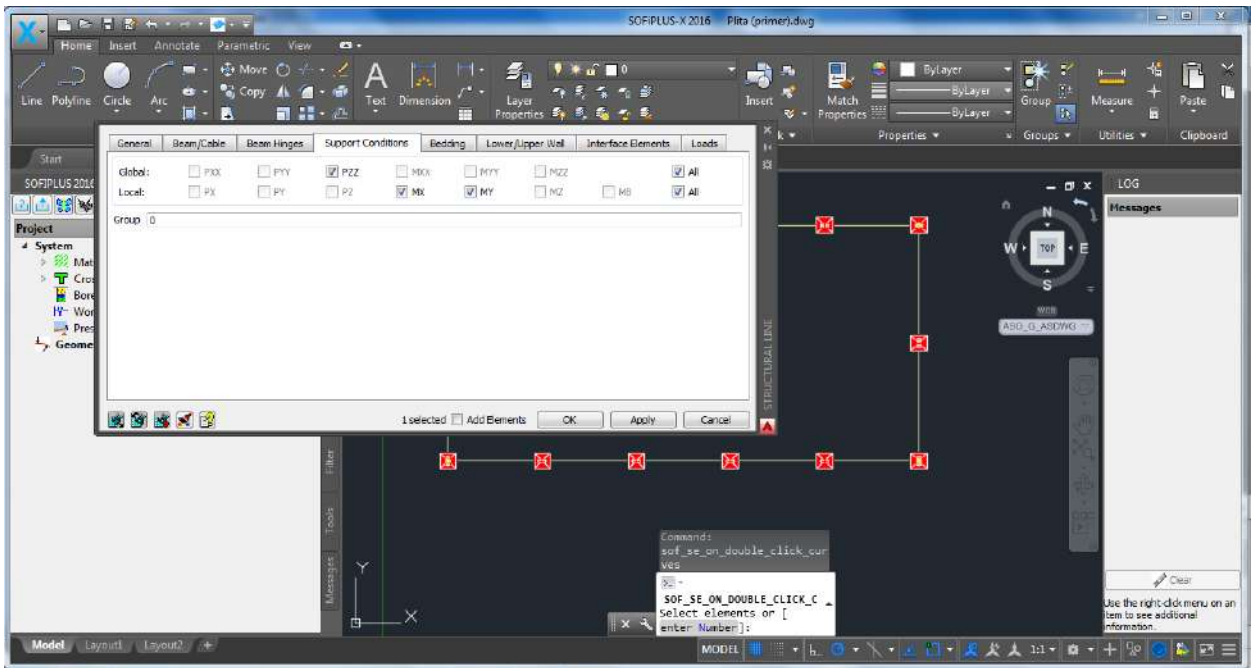


Рис. 39. Завдання опорних закріплень

П.5. Прикладаємо до плити штамп 1х2м. Заходимо в закладку Loads (рис. 40) та вибираємо Loadcase Manager. В вікні Loadcase Manager в закладці Loadcase створюємо навантаження з ім'ям «q = 8» (рис. 41).

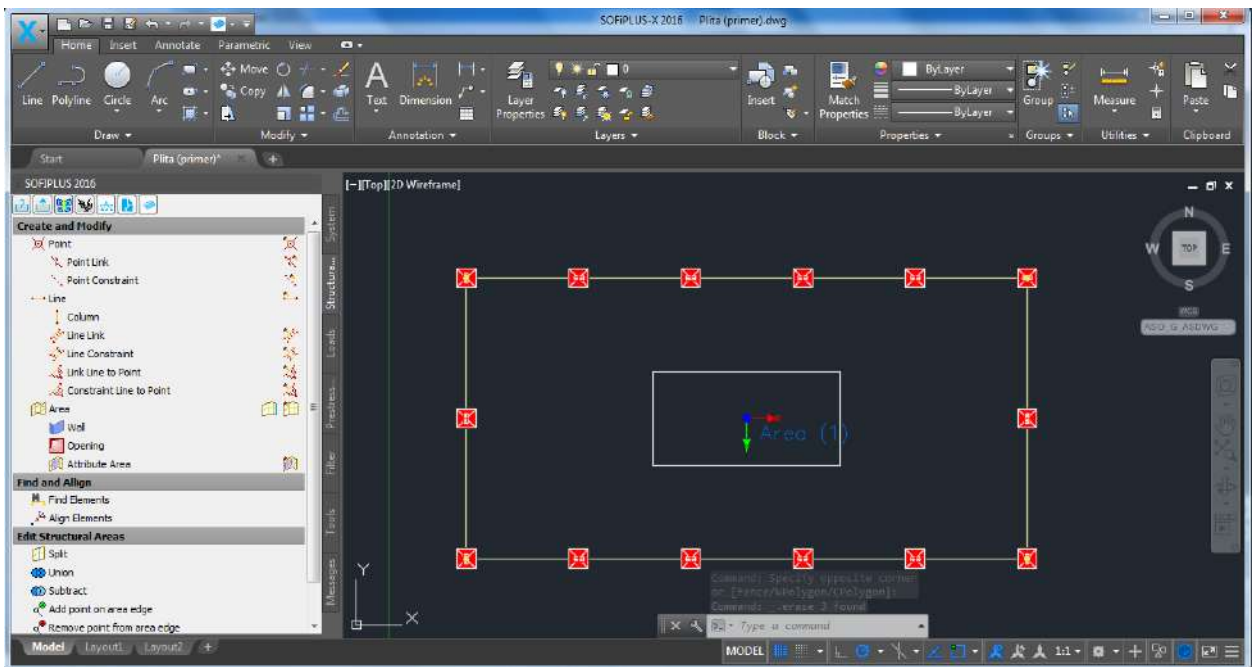


Рис. 40. Закладка Loads

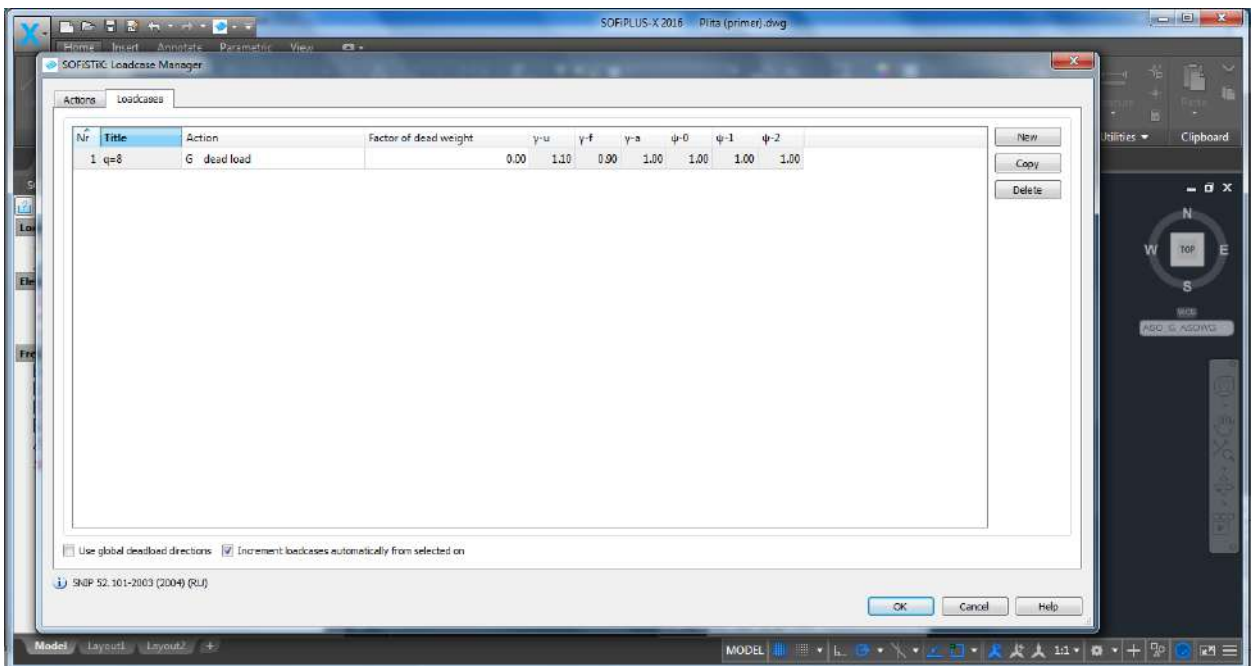


Рис. 41. Створення нового навантаження

Завантажимо раму розподіленим навантаженням. В закладці Loads вибираємо Free Loads → Area Load. У вікні, яке з'явилося, потрібно вказати інтенсивність навантаження (рис. 42). Курсором вказати крайні точки лінії по якій прикладене навантаження.

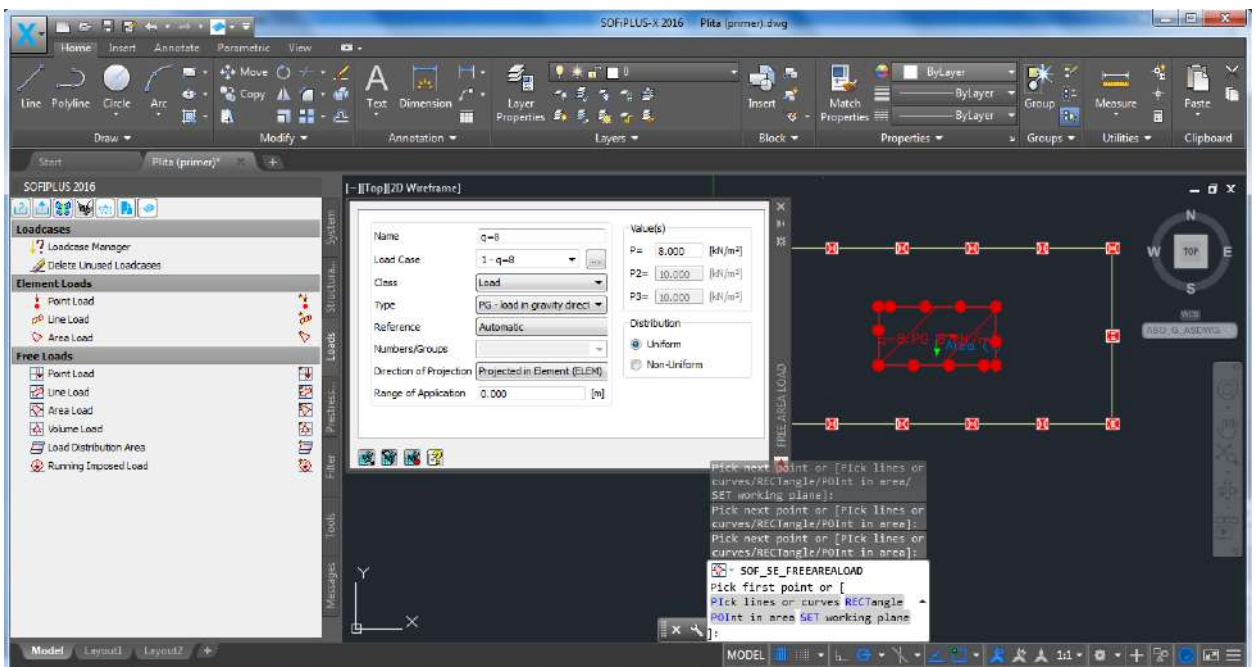



Рис. 42. Завдання розподіленого навантаження

Розрахункова схема ферми завершена (рис. 43) та готова для експорту в розрахунковий модуль програмного комплексу. Натискаємо на  та відправляємо схему в розрахунковий модуль (рис. 44).

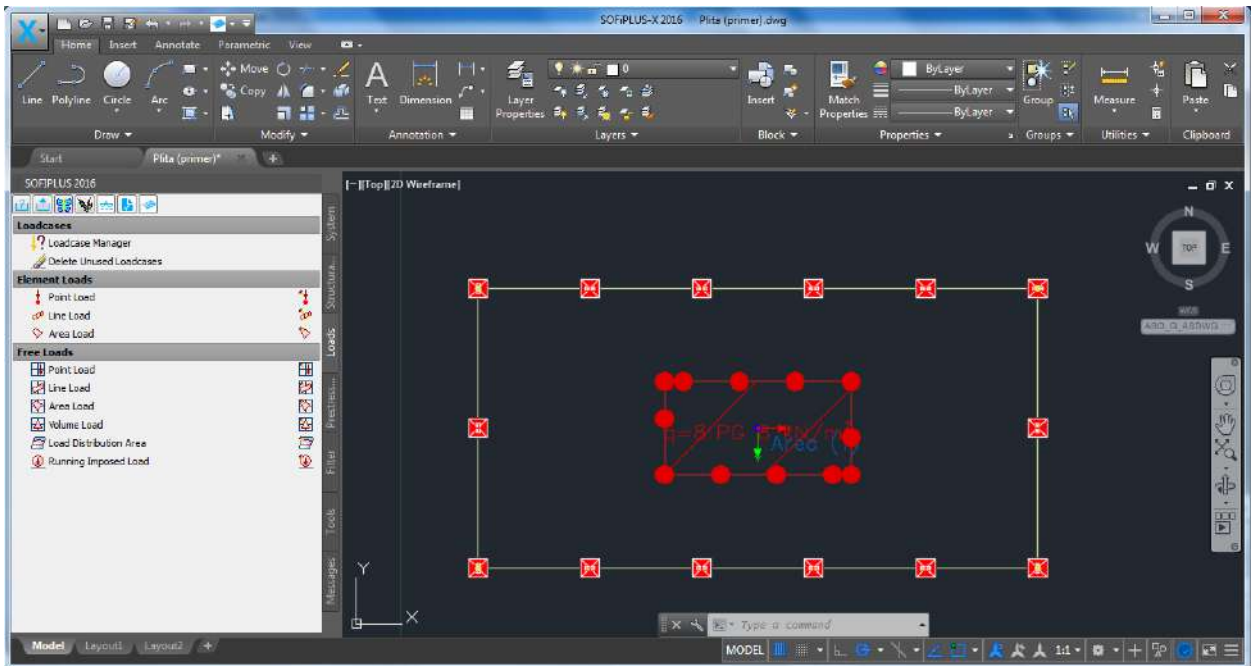


Рис. 43. Розрахункова модель

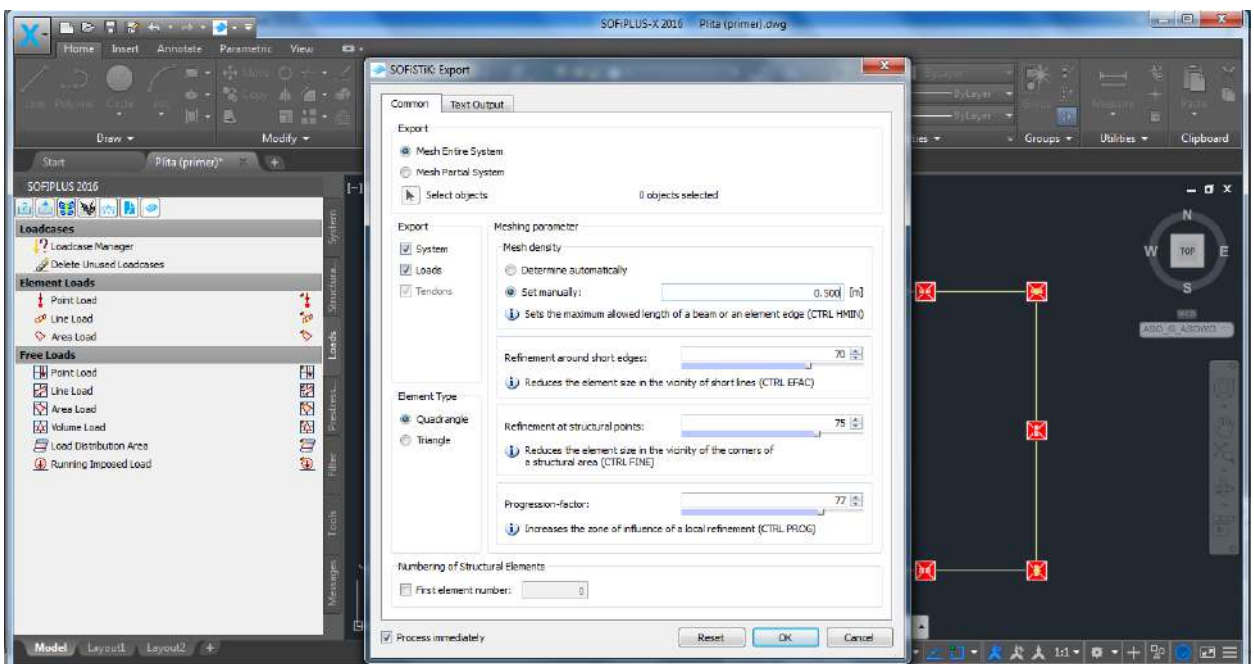


Рис. 44. Експорт моделі в SSD модуль

П.6. В модулі SSD вибираємо **Linear Analysis** → Linear Analysis, чекаємо поки завершиться розрахунок (рис. 45).

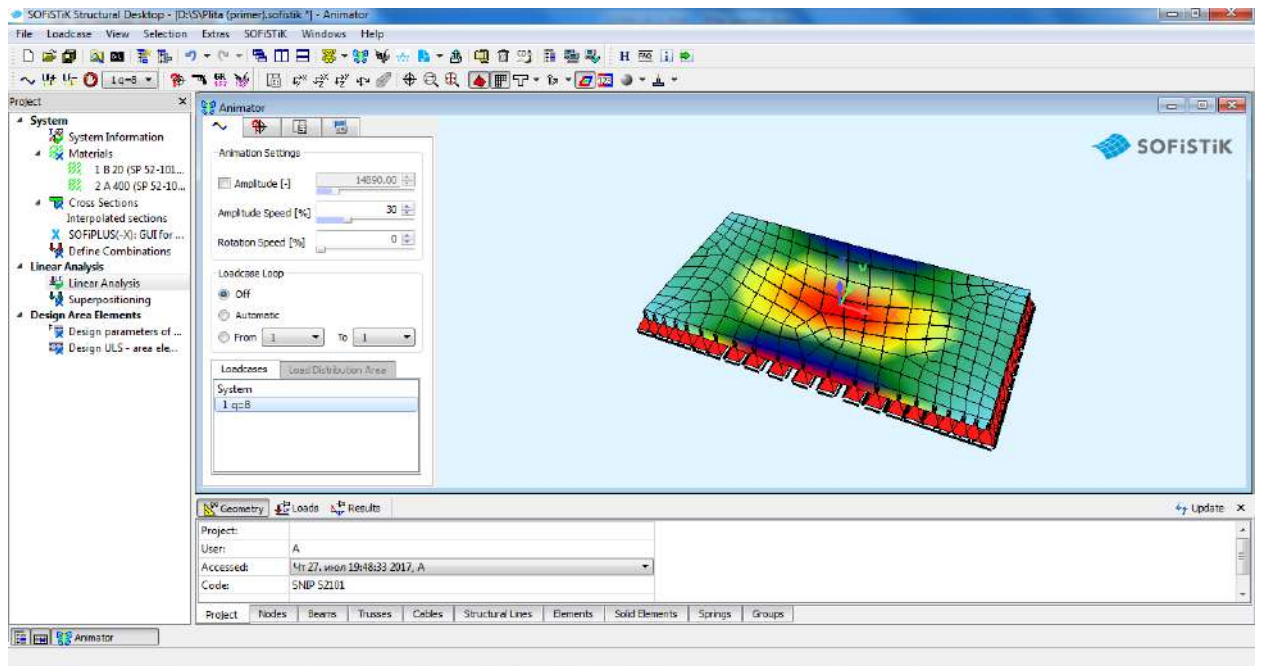



Рис. 45. Лінійний розрахунок пластини

Щоб сформувати звіт розрахунку, натискаємо .

5. Розрахунок трьох поверхової громадської будівлі.

Запроектувати громадську будівлю, плани (рис.46 – 49) та розріз (рис. 50.)

Бетон касу С20/25 (В-20), арматура класу А 400с.

Поперечні перетини:

- колони $b \times h = 600 \times 600$ мм;
- ригелі: $b \times h = 300 \times 400$ мм., та $b_1 \times h_1 = 200 \times 400$ мм

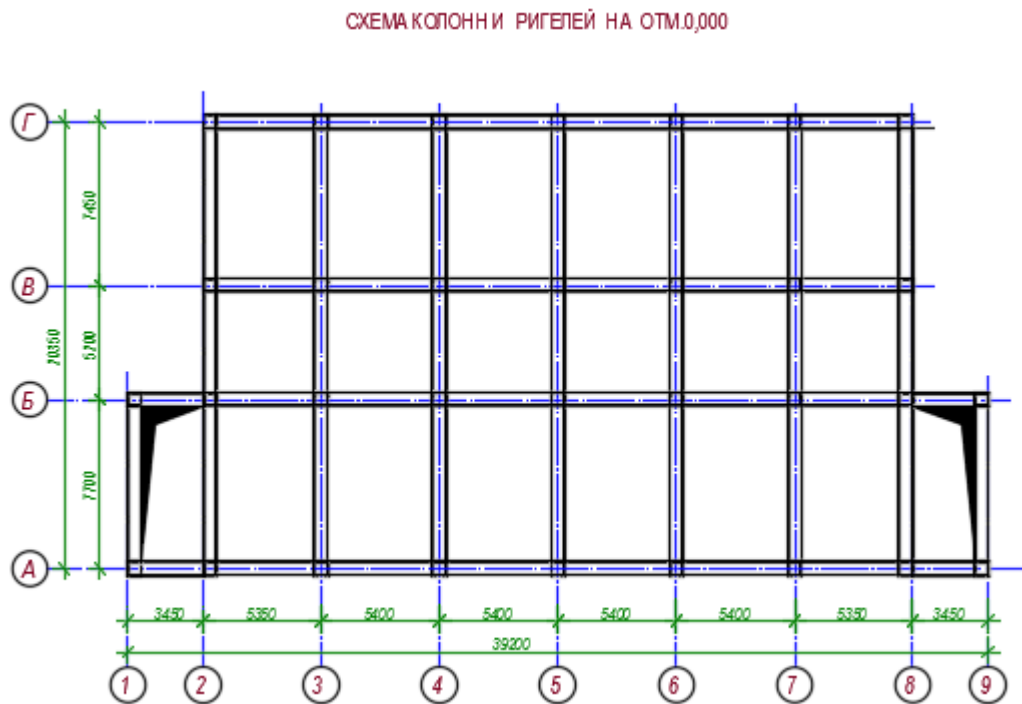


Рис.46. Схема колон та ригелів на відмітці 0.000

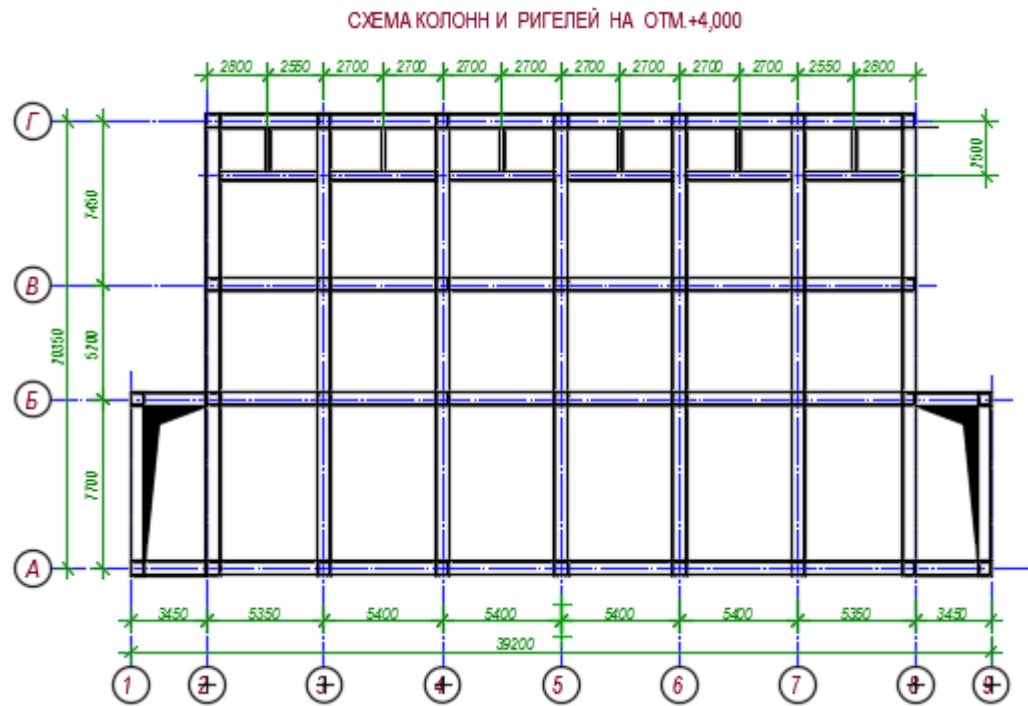


Рис.47. Схема колонн та ригелів на відмітці 4.000

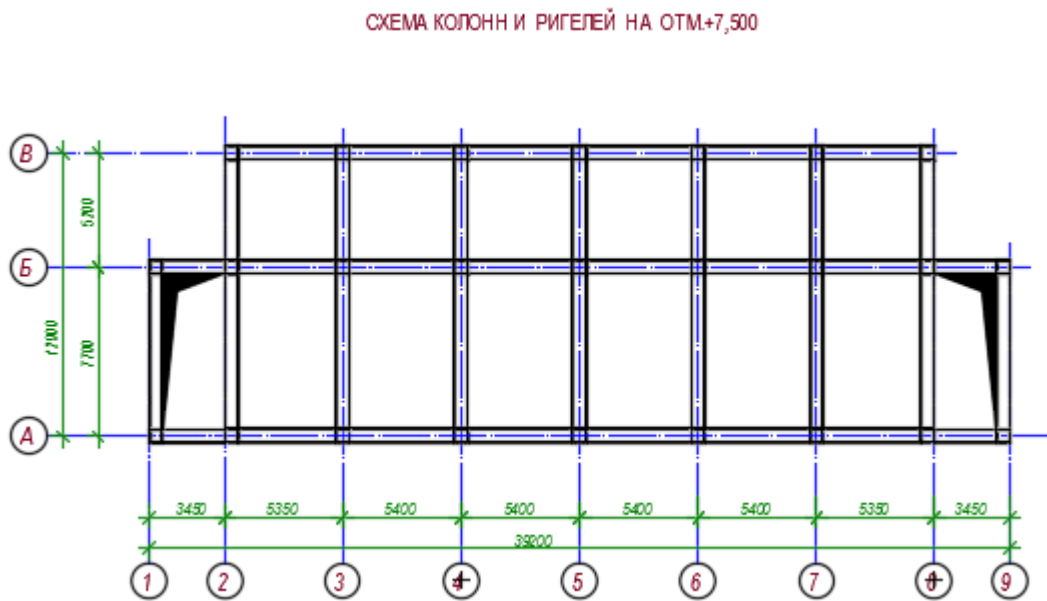


Рис.48. Схема колонн та ригелів на відмітці 7.500

СХЕМА КОЛОН И РИГЕЛЕЙ НА ОТМ.+11,000

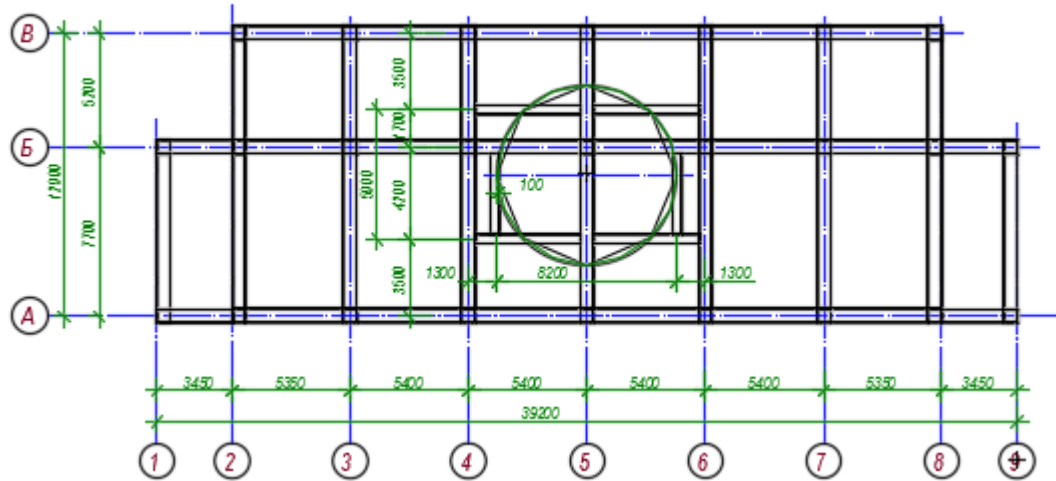


Рис.49. Схема колон та ригелів на відмітці 11.000

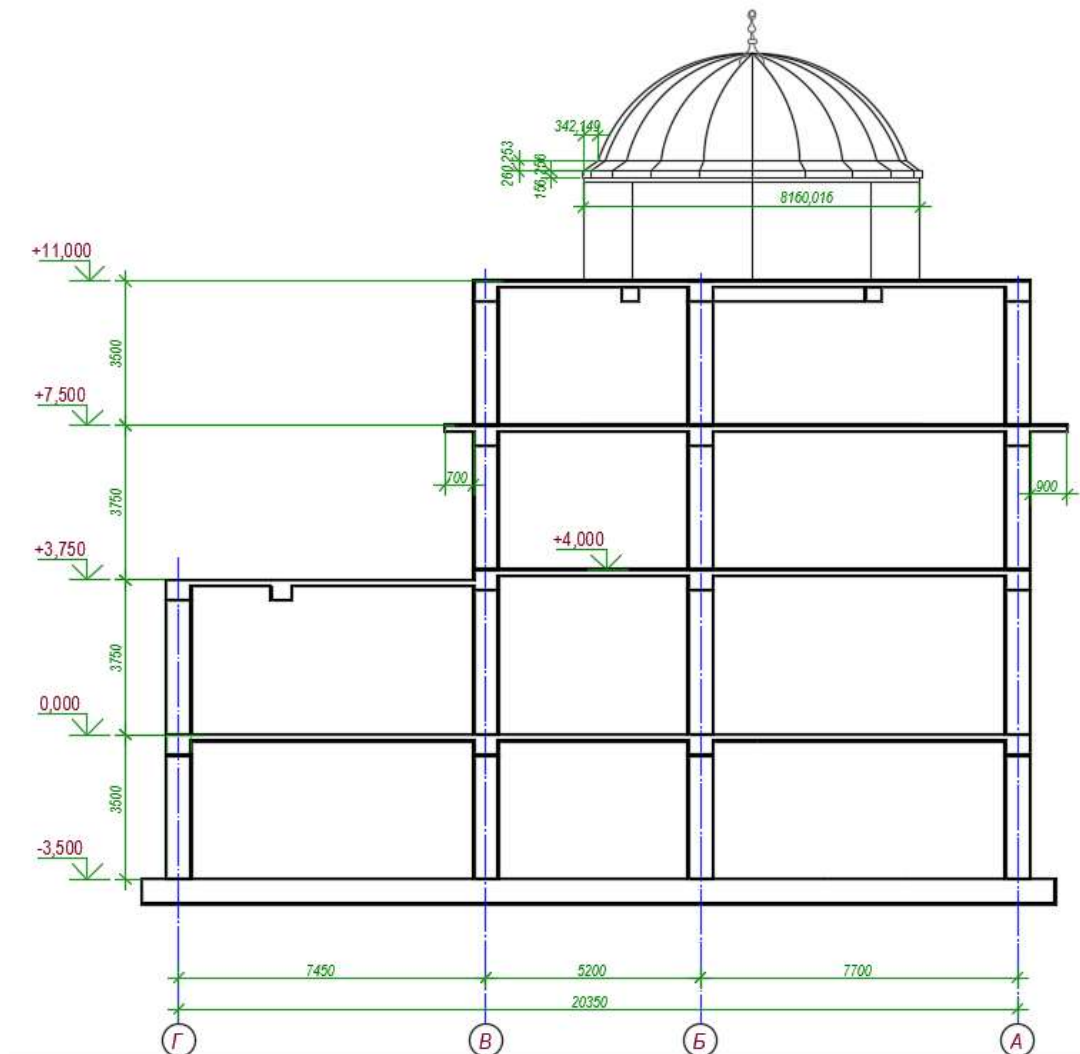


Рис.50. Розріз будівлі.

Запректуємо будівлю в розрахунковому комплексі SOFiSTiK.

Для зручності використаємо архітектурні плани, а також створимо модель кожного поверху окремо. Потім зберемо повну розрахункову модель.

Розрахунок починаємо зі збору навантажень на плити перекриття та покриття.

Навантаження на 1 м² покриття

Навантаження	Нормативне навантаження, кН/м ²	Коефіцієнт надійності по навантаженню, γ_{fn}	Розрахункове навантаження, кН/м ²
1. Гідроізоляція (t= 0,005, $\rho=15$ кН/м3)	0,055	1,2	0,066
2. Рулонна покрівля (h=0,005 , $\rho=11$ кН/м3)	0,055	1,2	0,066
3. Цементно-піщана стяжка (h=0,07 , $\rho=25$ кН/м3)	1,75	1,2	2,1
4. Термоізоляція (h=0,08 , $\rho=4$ кН/м3)	0,32	1,2	0,384
5. Пароізоляція (h=0,001 , $\rho=10$ кН/м3)	0,01	1,2	0,012
Всього	2,245		2,628
Тимчасове снігове	5	1,4	7

Навантаження на 1 м² перекриття

Навантаження	Нормативне навантаження, кН/м ²	Коефіцієнт надійності по навантаженню, γ_{fn}	Розрахункове навантаження, кН/м ²
1. Ламінат (t= 0,01, $\rho=8$ кН/м ³)	0,08	1,2	0,096
2. Підкладка (h=0,002 , $\rho=10$ кН/м ³)	0,02	1,2	0,024
3. Пароізоляція (h=0,001 , $\rho=10$ кН/м ³)	0,01	1,2	0,012
4. Бетонна стяжка (h=0,02 , $\rho=20$ кН/м ³)	0,4	1,1	0,44
Всього	0,51		0,572
Тимчасове корисне	1,5	1,4	2,1
Всього на 1 м ²	2,01		2,672

Алгоритм створення моделі поверху в програмному комплексі SOFiSTiK.

1. Вибираємо необхідні матеріали в модулі SSD програмного комплексу SOFiSTiK.
2. Задаємо попеperечні розміри ригелів та колон в модулі попеperечних перетинів.
3. Створюємо модель поверху в SOFiPLUS.
4. Виконуємо розрахунок.

П.1. Запускаємо SOFiSTiK та створюємо новий проект (рис. 51).

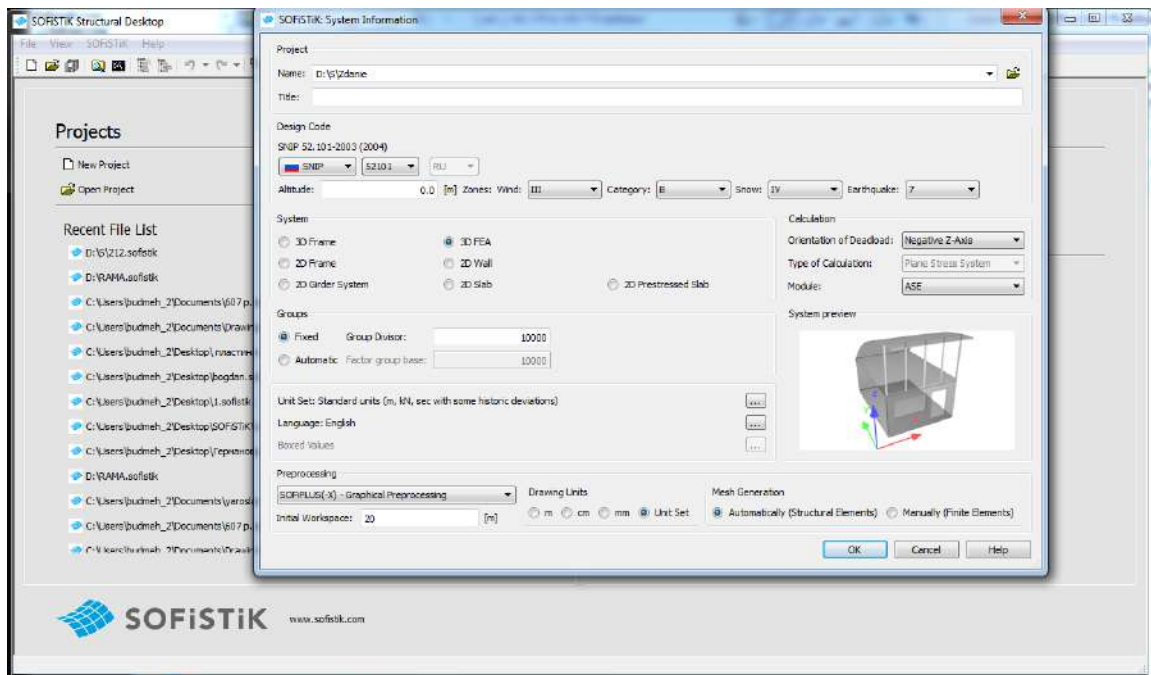


Рис. 51. Створення нового проекту в SOFiSTiK

П.2. В розрахунковому модулі SSD назначаємо матеріал конструкції – бетон C20/25 (B20). Для цього в пункті Materials потрібно зробити подвійний клік лівою кнопкою миші на строчці з матеріалом (B 20). У відчиненому вікні вибрати Classification 20 (рис. 52).

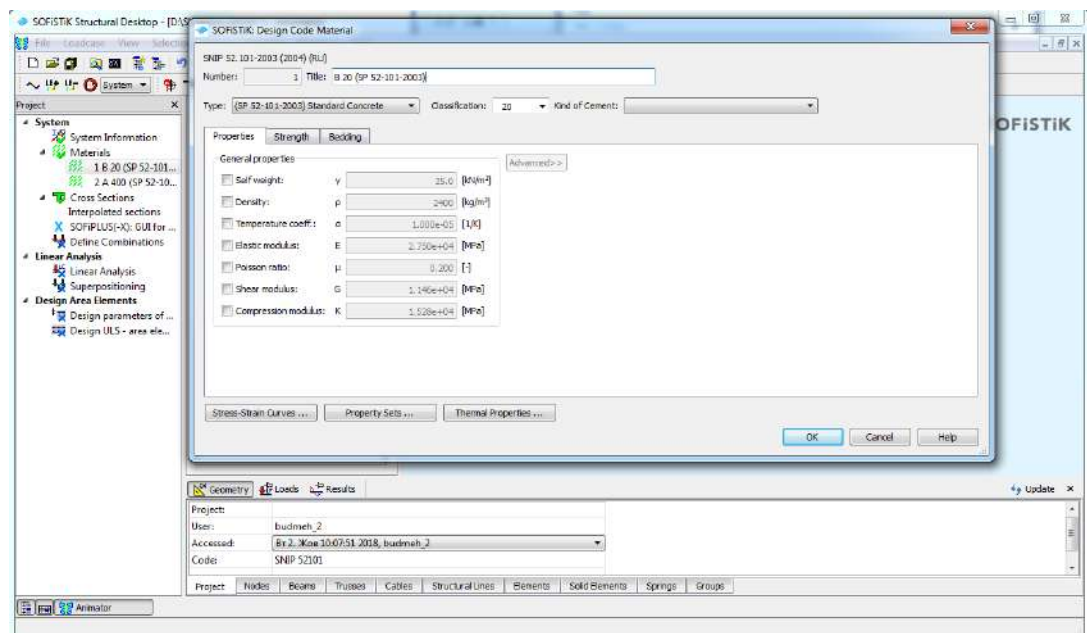


Рис. 52. Вибір матеріалу конструкції

Аналогічно вибираємо клас арматури.

П.3. Запускаємо графічний модуль SOFiPLUS (рис. 53), в ньому, використовуючи інструменти AutoCAD, креслимо розрахункову модель конструкції, дотримуючись її геометричних розмірів. Для запуску SOFiPLUS потрібно зробити подвійний клік лівою кнопкою миші на SOFiPLUS(-X).

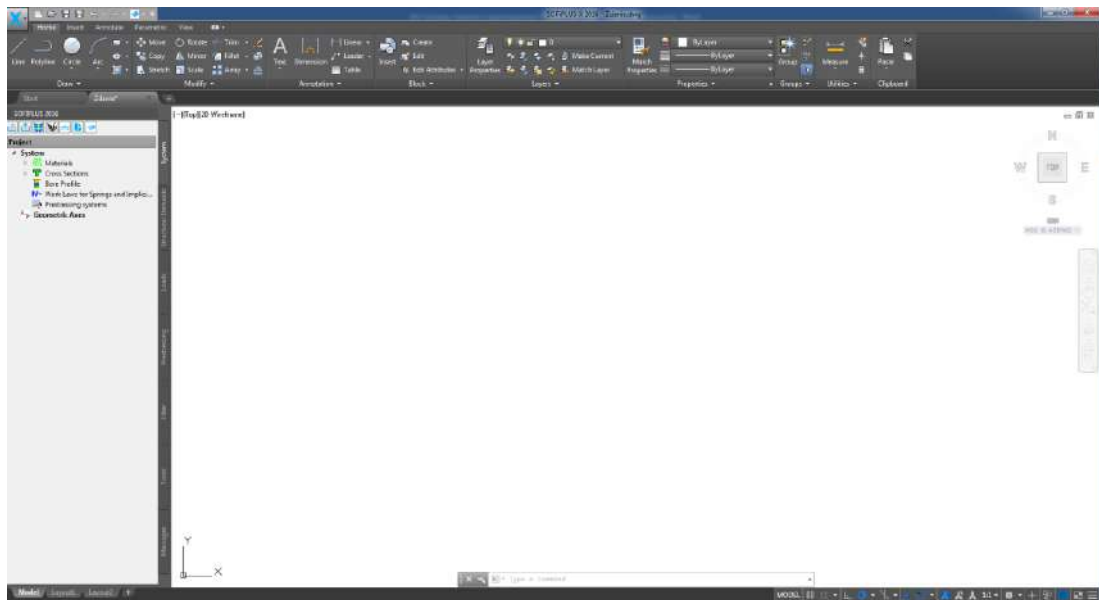


Рис. 53. Модуль SOFiPLUS

Назначаємо жорсткість елементів. Натискаємо правою кнопкою миші на Cross Sections. Відкривається список, з якого вибираємо New Standard Sections (рис. 54).

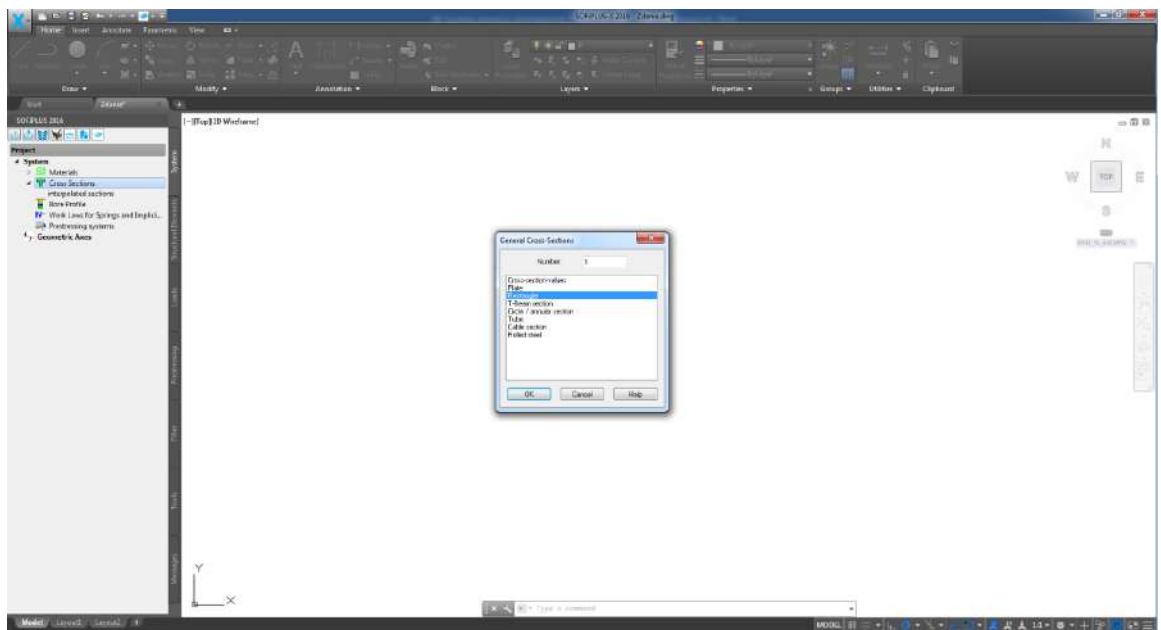


Рис. 54. Назначаємо жорсткість елементів конструкції

Із списку вибираємо Rectangle. В строчці Section Type записуємо ім'я, вказуємо розміри поперечного перерізу (рис. 55-56).

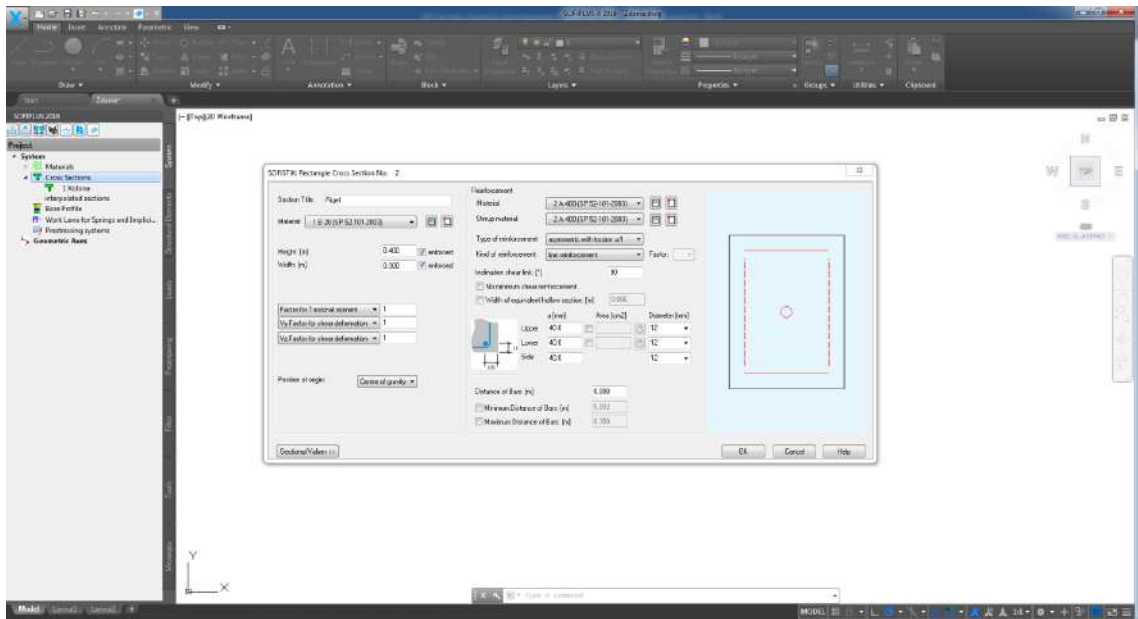


Рис. 55. Вибір поперечного перерізу елементів (ригель)

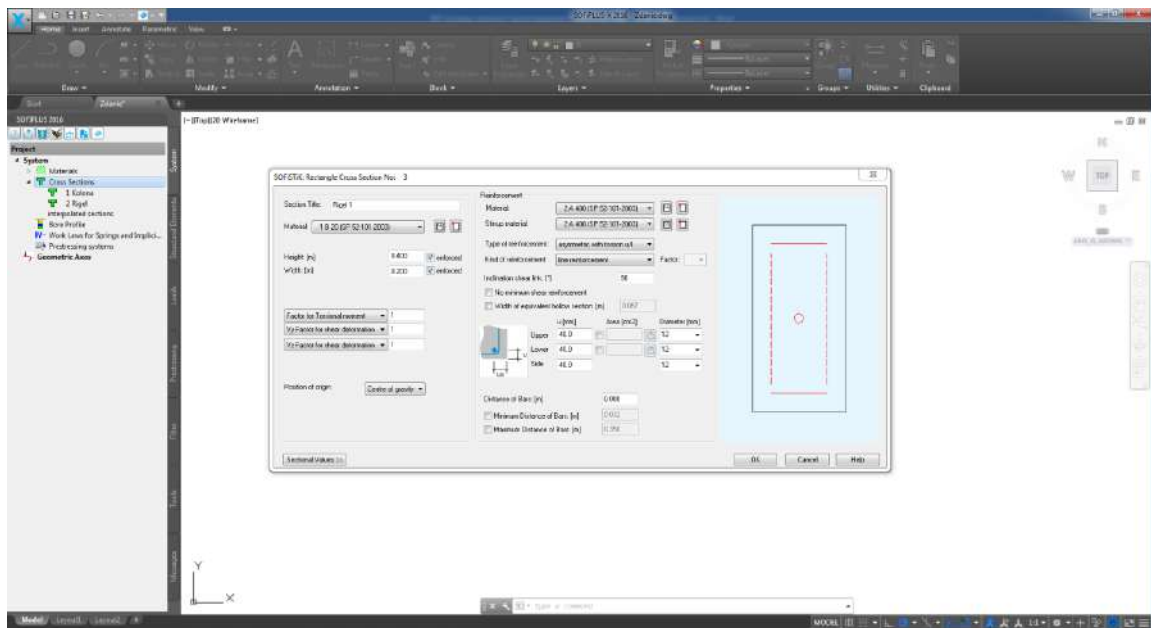


Рис. 56. Вибір поперечного перерізу елементів (ригель)

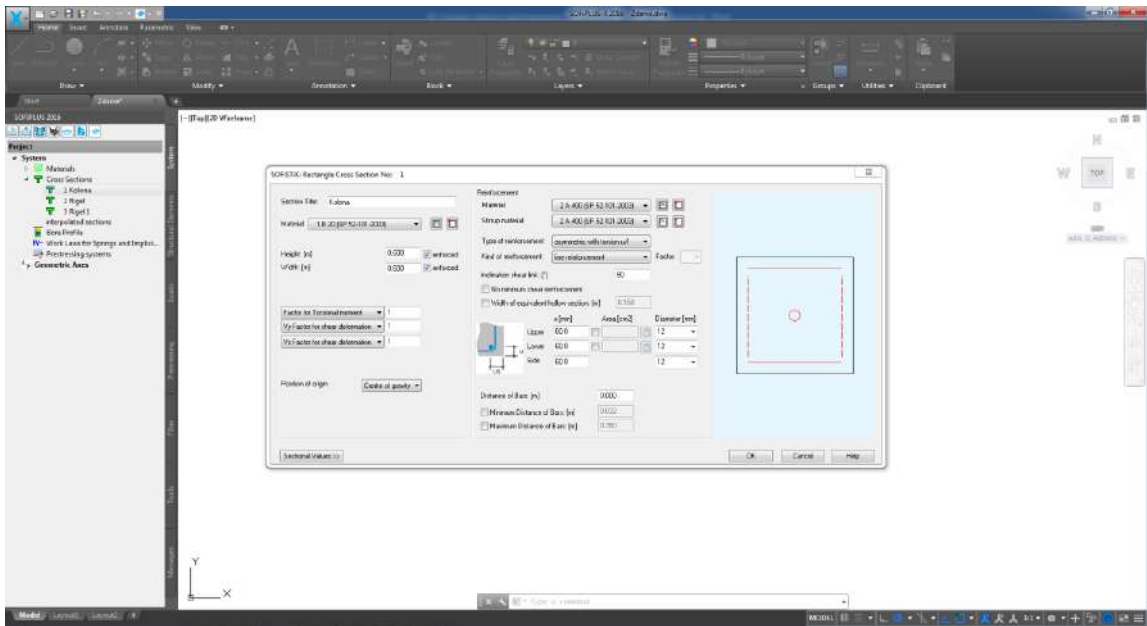


Рис. 57. Вибір поперечного перерізу елементів (колон)

Використовуючи плани будівлі побудуємо сітку колон (рис.58.)

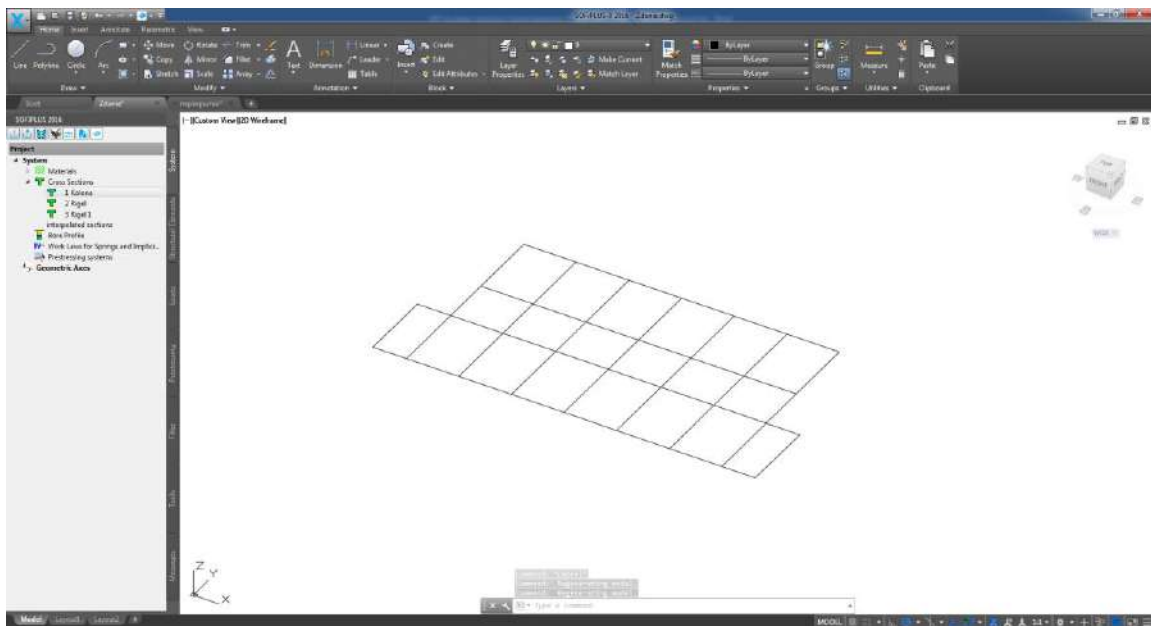


Рис.58. Сітка колон (побудована по планам будівлі)

В точках перетину ліній встановимо колони, задаючи висоту колон з розрізу (рис.59).

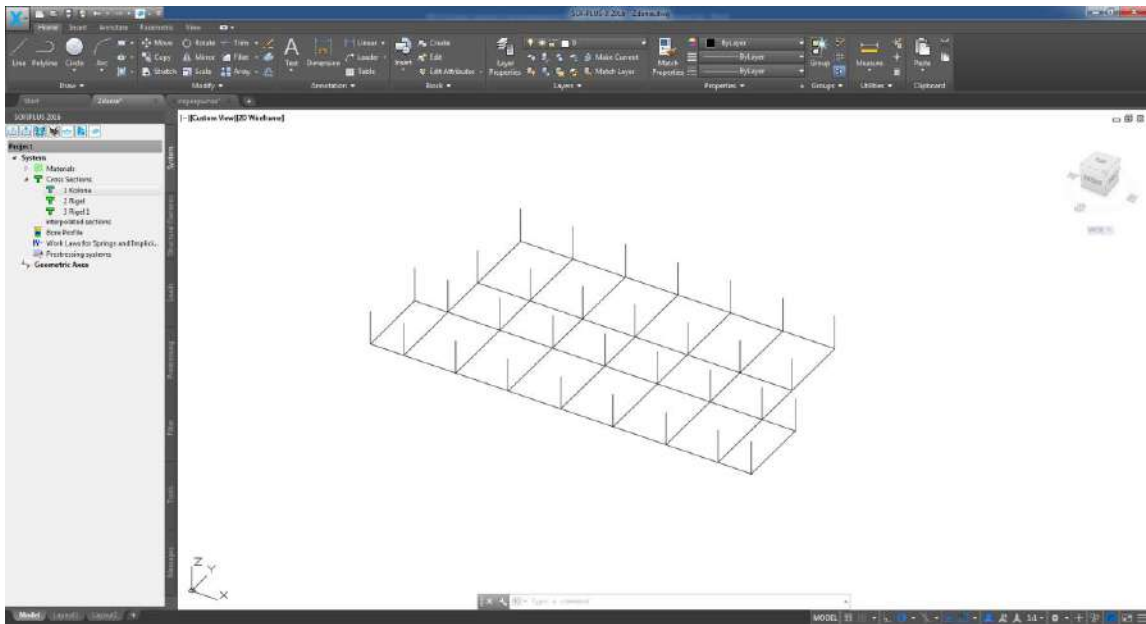


Рис.59. Схема росташування колон на створеній сітці згідно з планом

Щоб призначити жорсткість елементам ферми, зайдемо в закладку Structural Elements, виберемо Line та наведемо розрахункову схему рами. В вікні Structural Line Beam/Cable і в списку Element Type вибираємо Centric Beam (балочні елементи), вибираємо поперечний переріз колон (рис. 60 - 61).

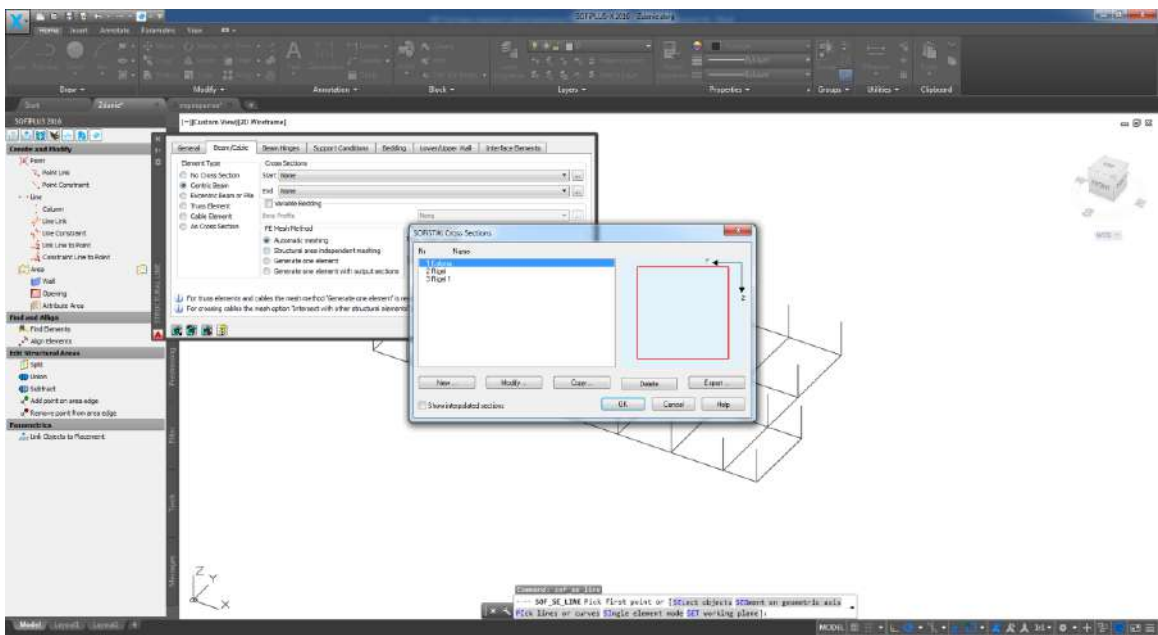


Рис. 60. Вибір поперечного перерізу колон

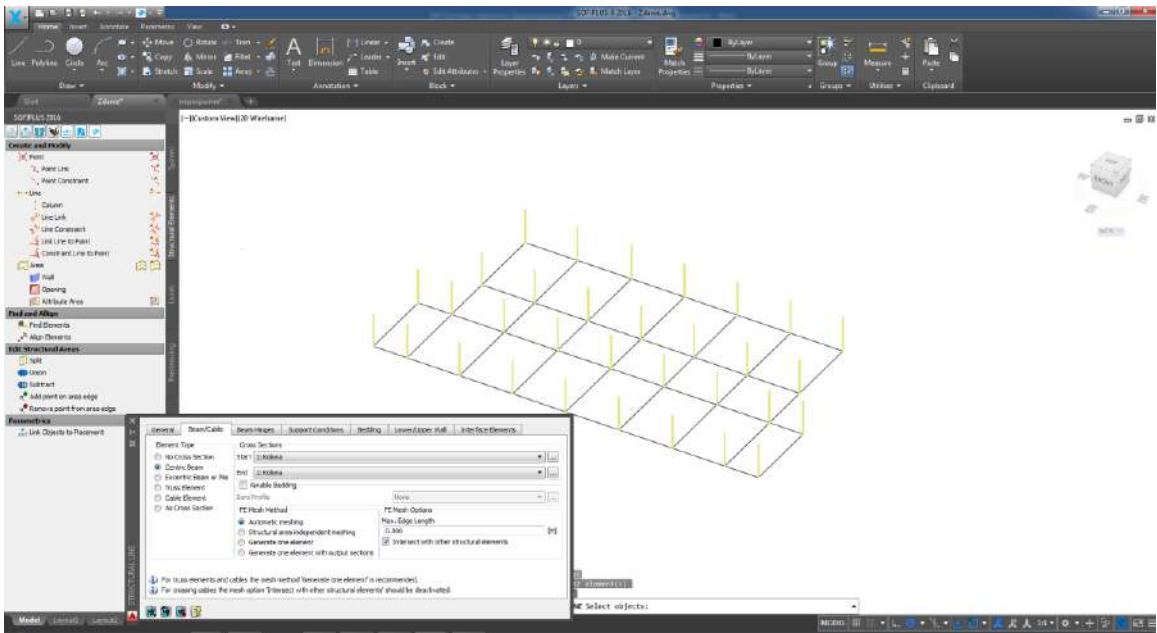


Рис. 61. Призначення жорсткості колонам

Будуємо схему ригелів згідно архітектурного плану (рис.62) та задаємо їх жорсткість (рис. 63-64).

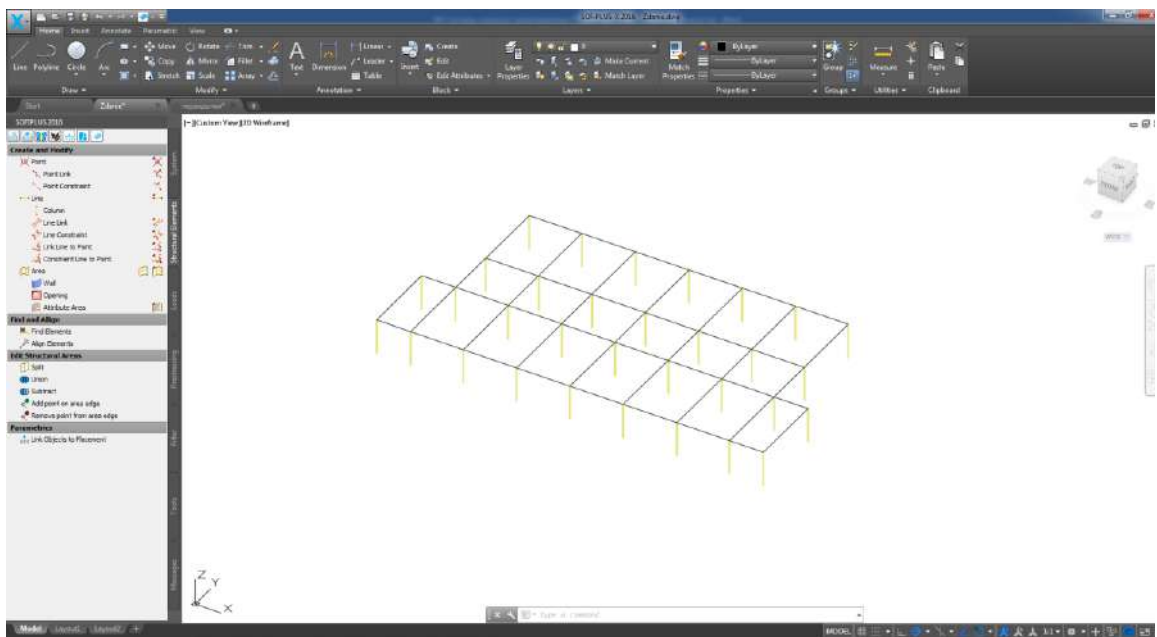


Рис.62. Схема ригелів згідно архітектурних планів

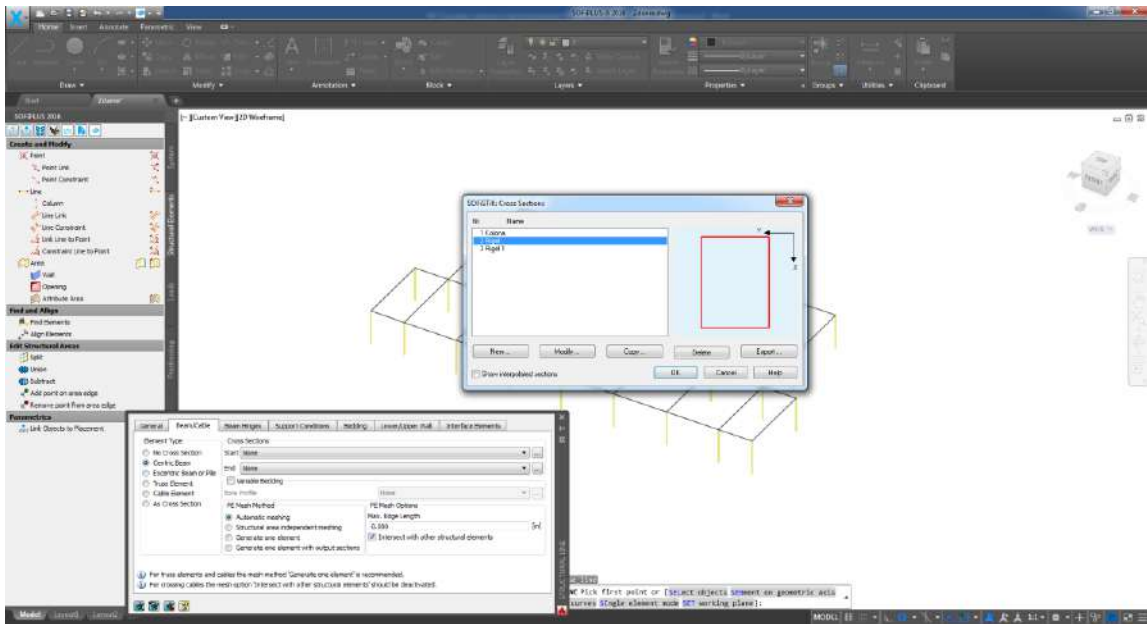


Рис.63. Вибір поперечного перерізу ригелів

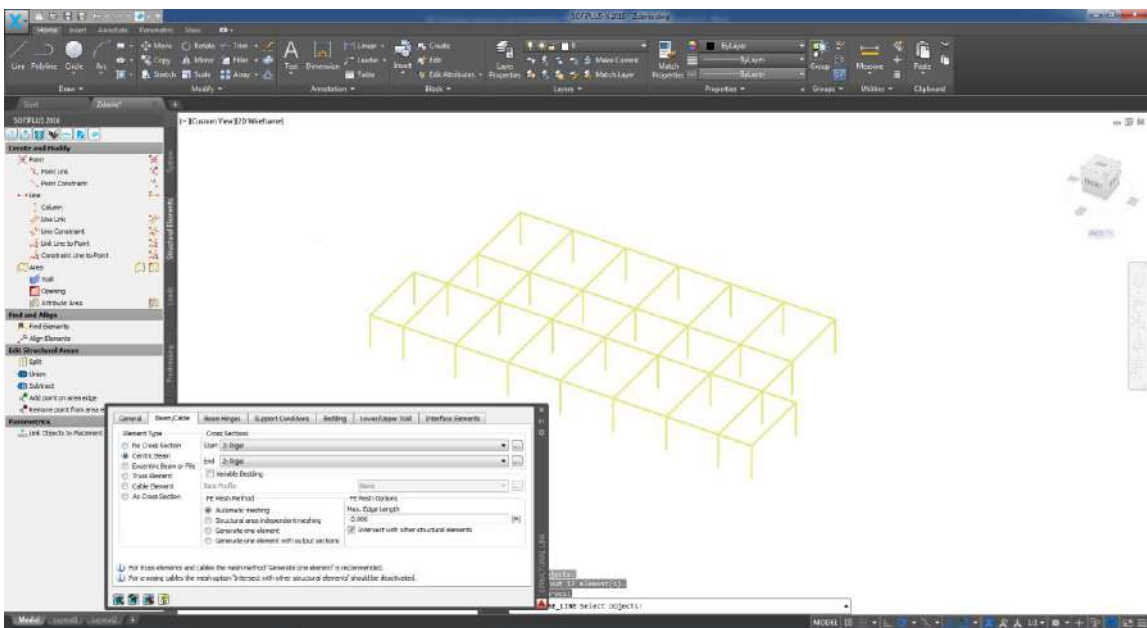


Рис. 64. Призначення жорсткості ригелям

Створюємо плиту перекриття. В закладці Structural вибираємо Area і вказуємо кути пластини. В вікні Structural Area в строчці Thickness вказати товщину пластини (рис. 65). Вказуємо курсором крайні точки контура плити перекриття (рис.66.)

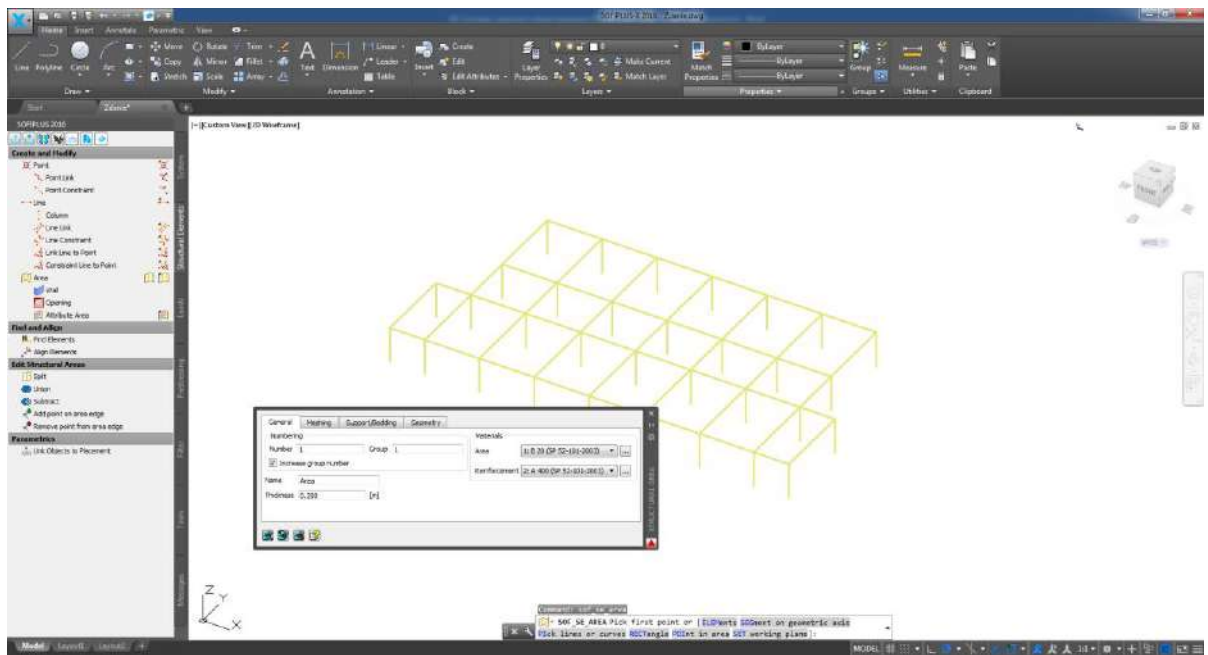


Рис.65. Завдання товщини плити перекриття

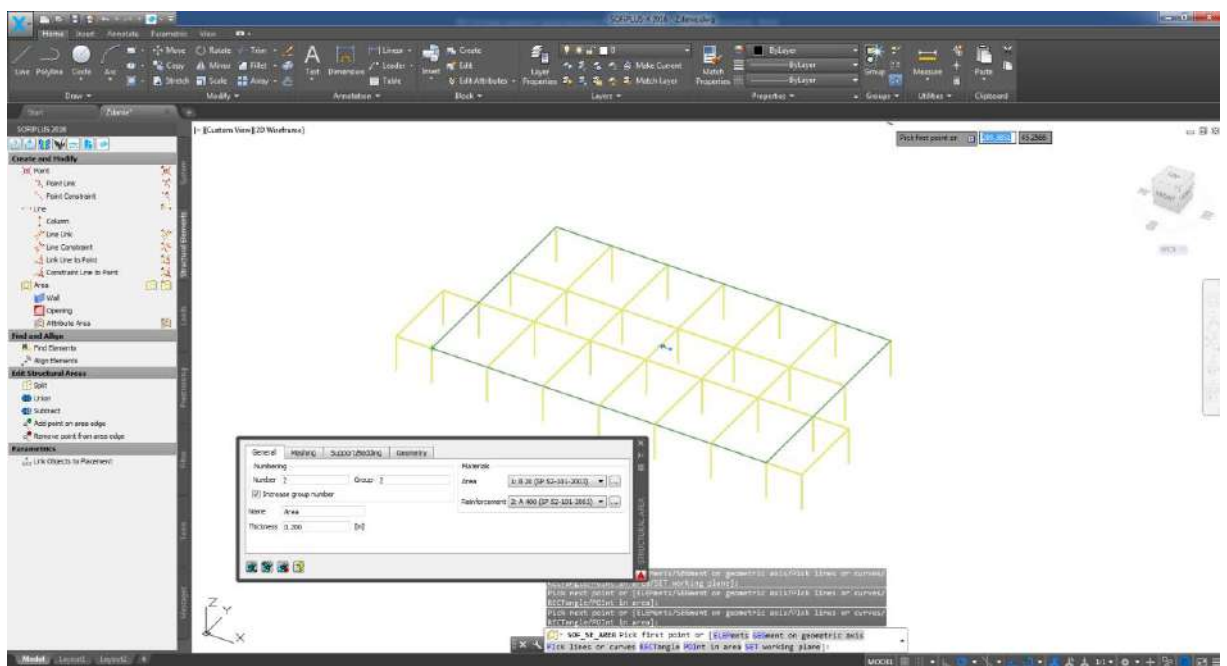


Рис.66. Завдання контуру плити перекриття підвалу

Прикладаємо до плити перекриття задане навантаження. Заходимо в закладку Loads та вибираємо Loadcase Manager. В вікні Loadcase Manager в закладці Loadcase створюємо навантаження з іменами (рис. 67):

- для навантаження на перекриття q_{1post} та q_{1vrem} ;
- для навантаження на плити покриття q_{2post} та q_{2sneg} .

А також $q_{sobs.ves}$.

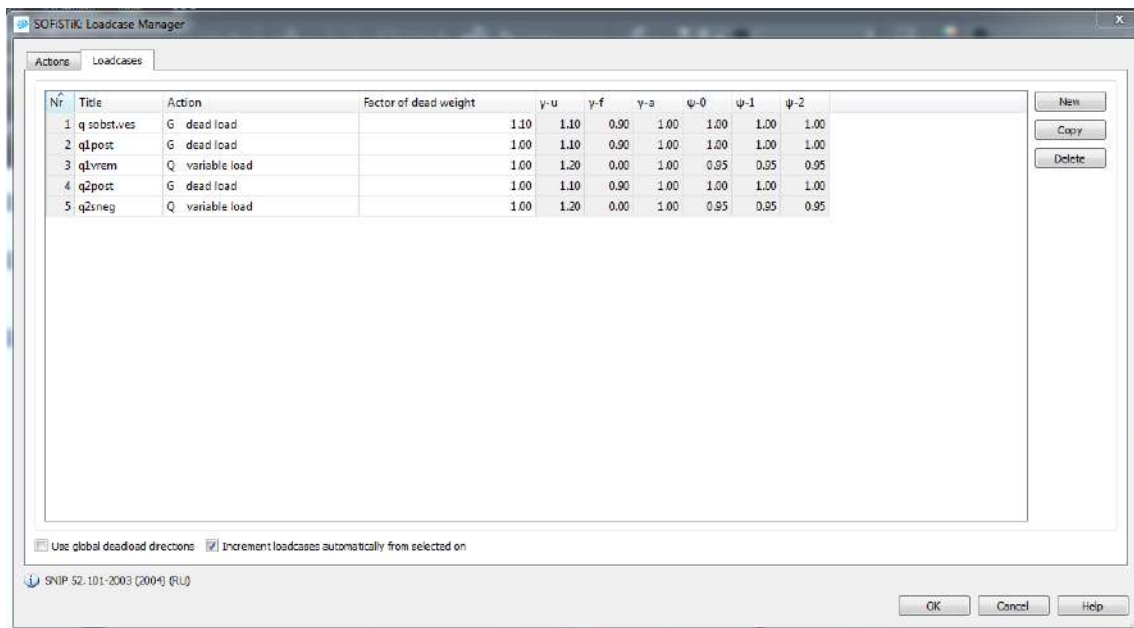


Рис. 67. Створення навантаження

Завантажимо раму розподіленим навантаженням. В закладці Loads вибираємо Free Loads → Area Load. В вікні, яке з'явилося, вказати інтенсивність навантаження (рис. 68-69). Курсором вказати крайні точки плити, на якій прикладене навантаження.

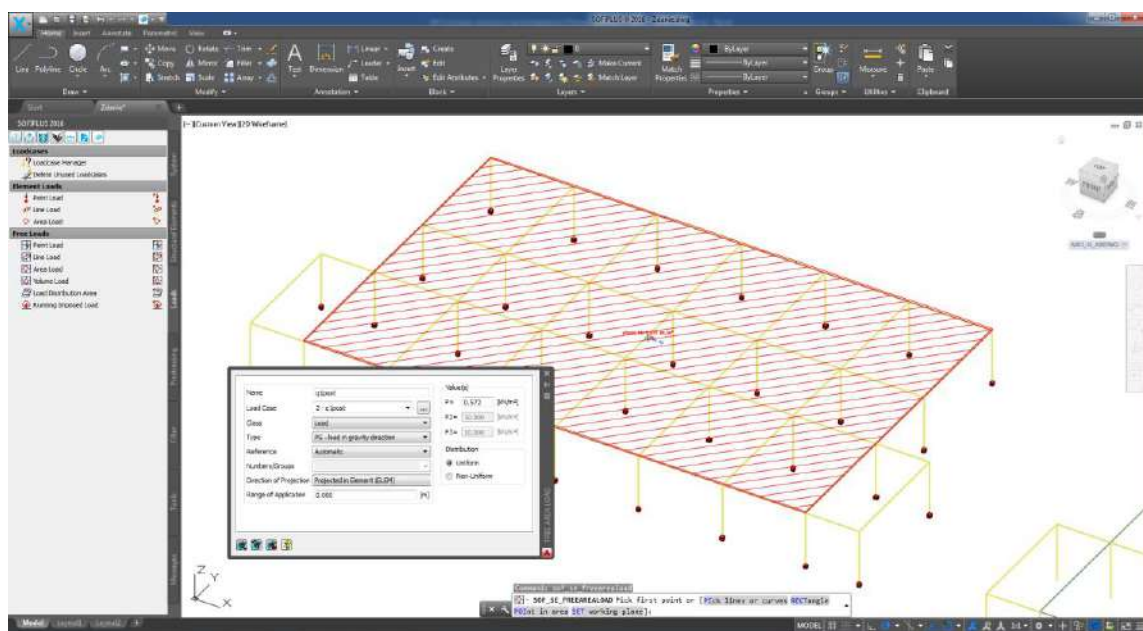


Рис. 68. Завдання розподіленого навантаження q_{1post}

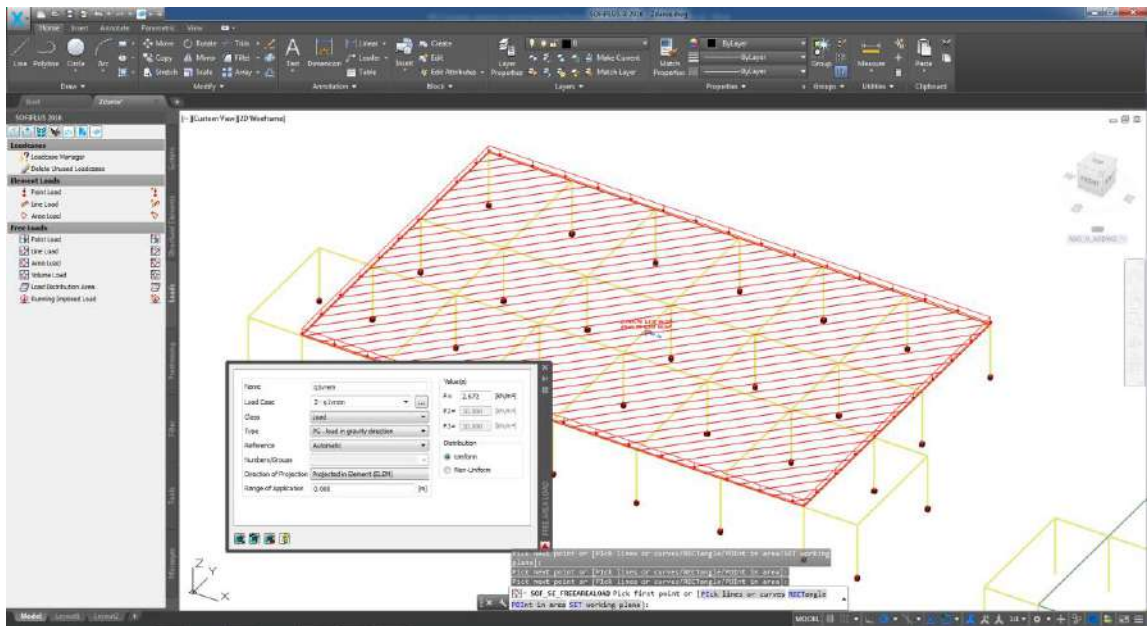


Рис. 69. Завдання розподіленого навантаження q_{1vrem}

Для завдання опорних закріплень в закладі Structural Elements виберемо Point, в вікні Structural Point вибираємо закладку Support Conditions та вказуємо напрямлення, в яких накладаємо зв'язки: жорстке закріплення – PXX, PYY, PZZ, MXX, MYY та MZZ (рис. 70).

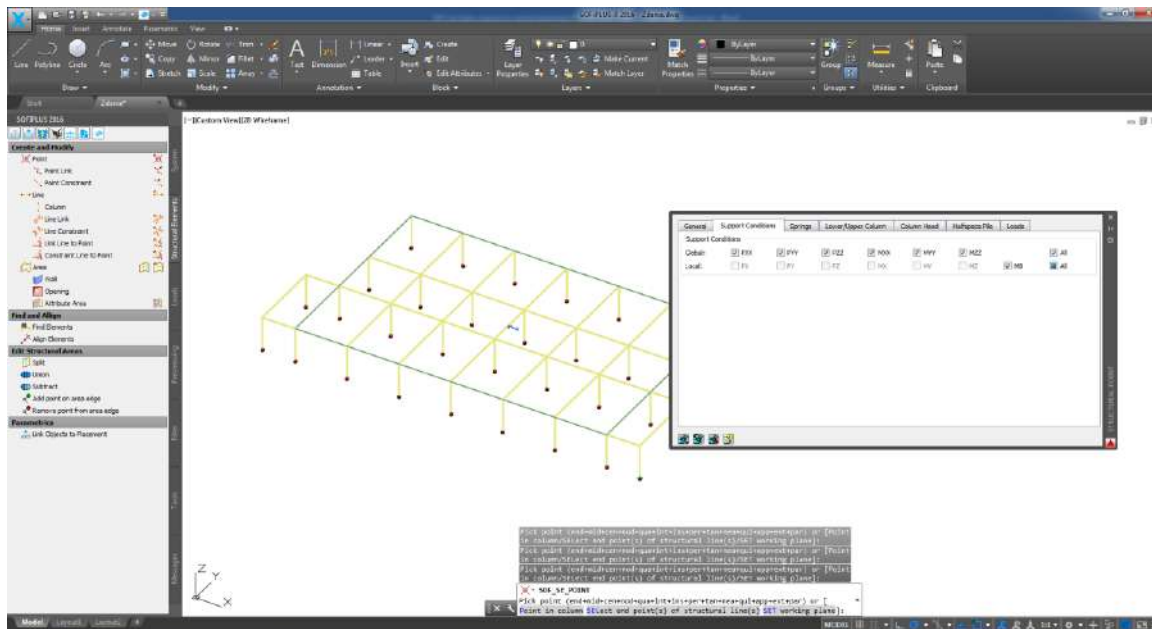


Рис. 70. Завдання опорних закріплень

Перший поверх.

Аналогічним способом створюємо модель першого поверху враховуючи висоту колон – 3.75м (відрізняється від висоти колон підвалу) та схему розташування ригелів (рис.71–74)

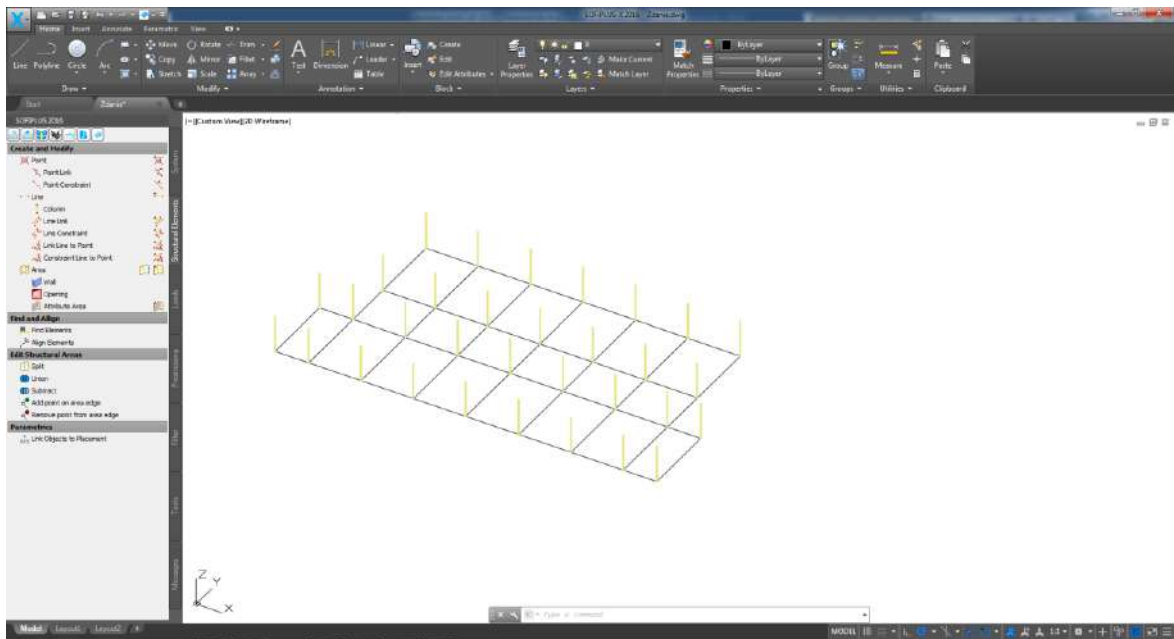


Рис.71. Схема розташування колон першого поверху

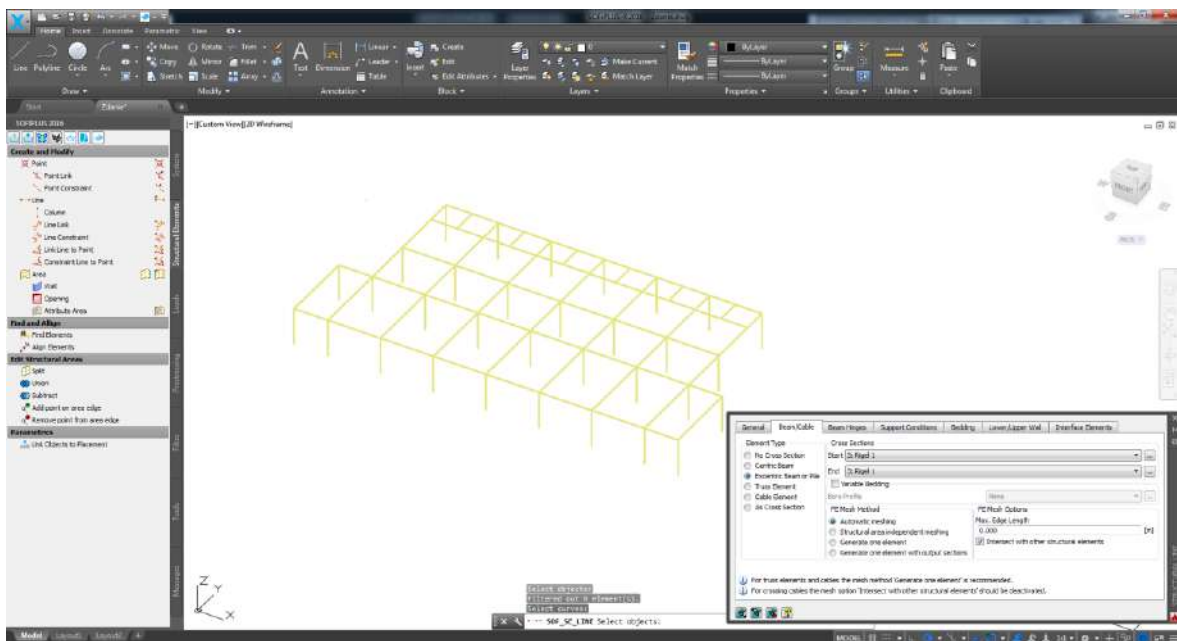


Рис.72. Схема розташування ригелів першого поверху

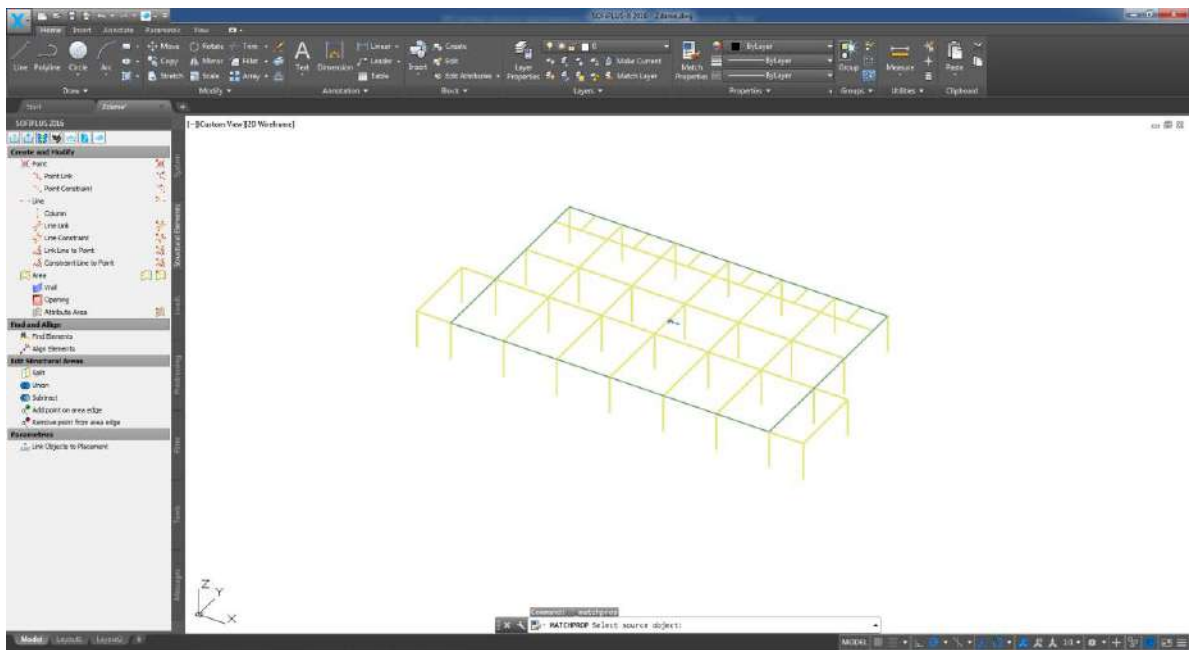


Рис.73. Схема розташування плити перекриття першого поверху

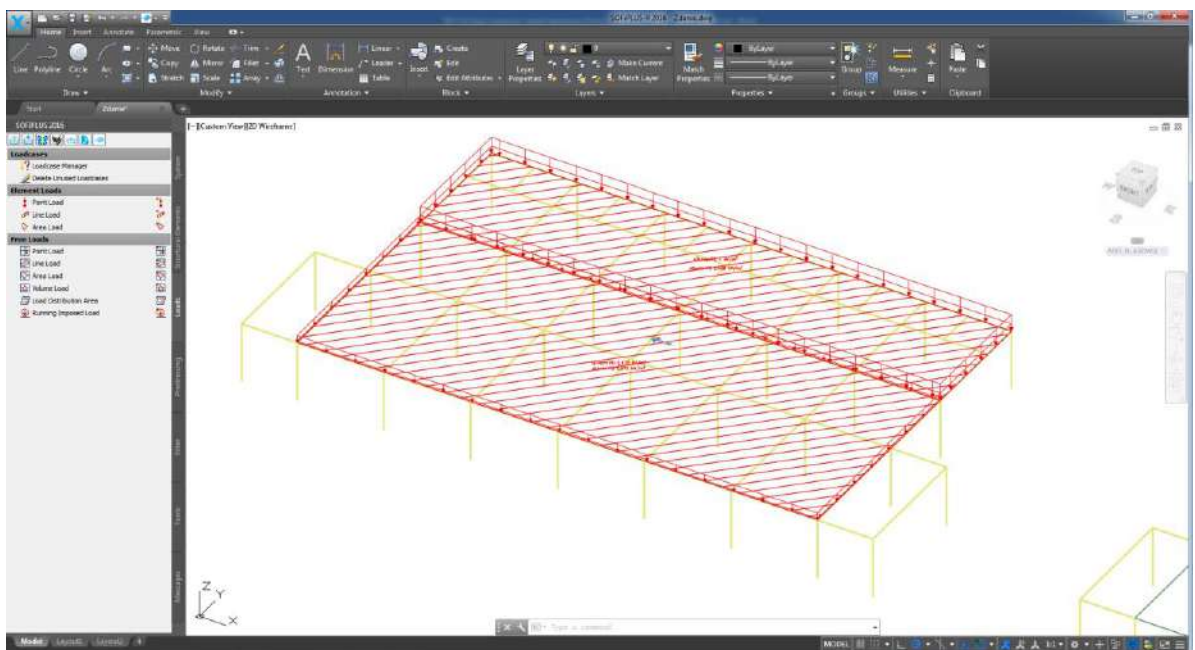


Рис.74. Схема завантаження плити перекриття першого поверху

Другий поверх (рис.75-78).

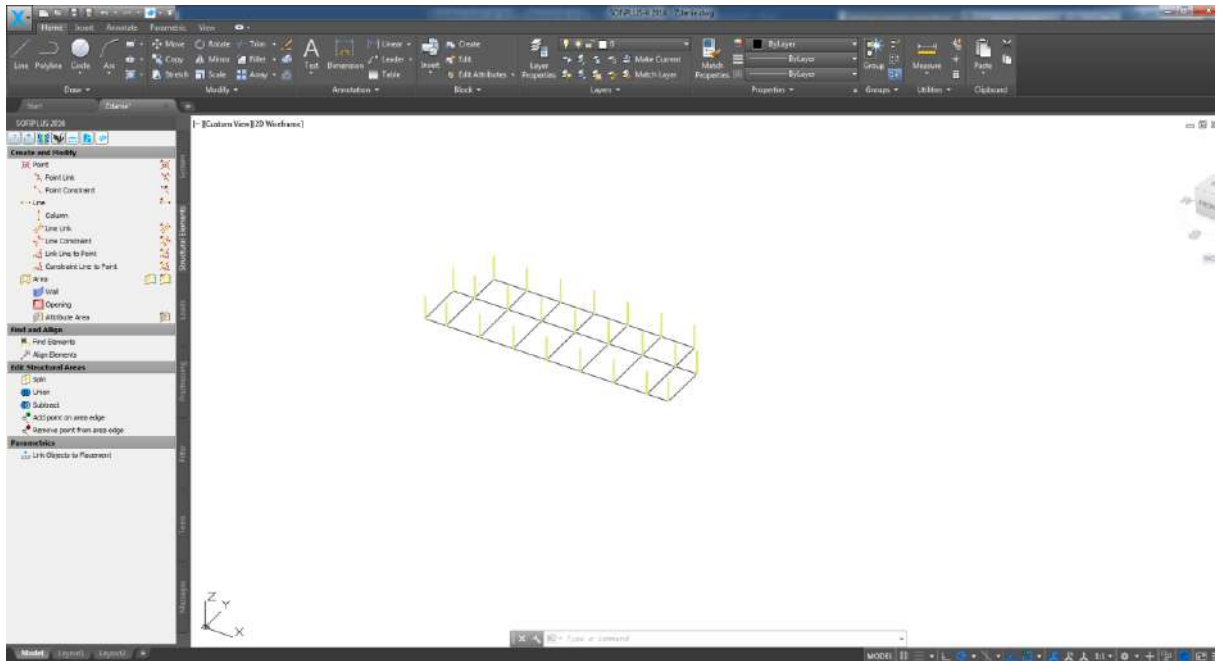


Рис.75. Схема розташування колон другого поверху

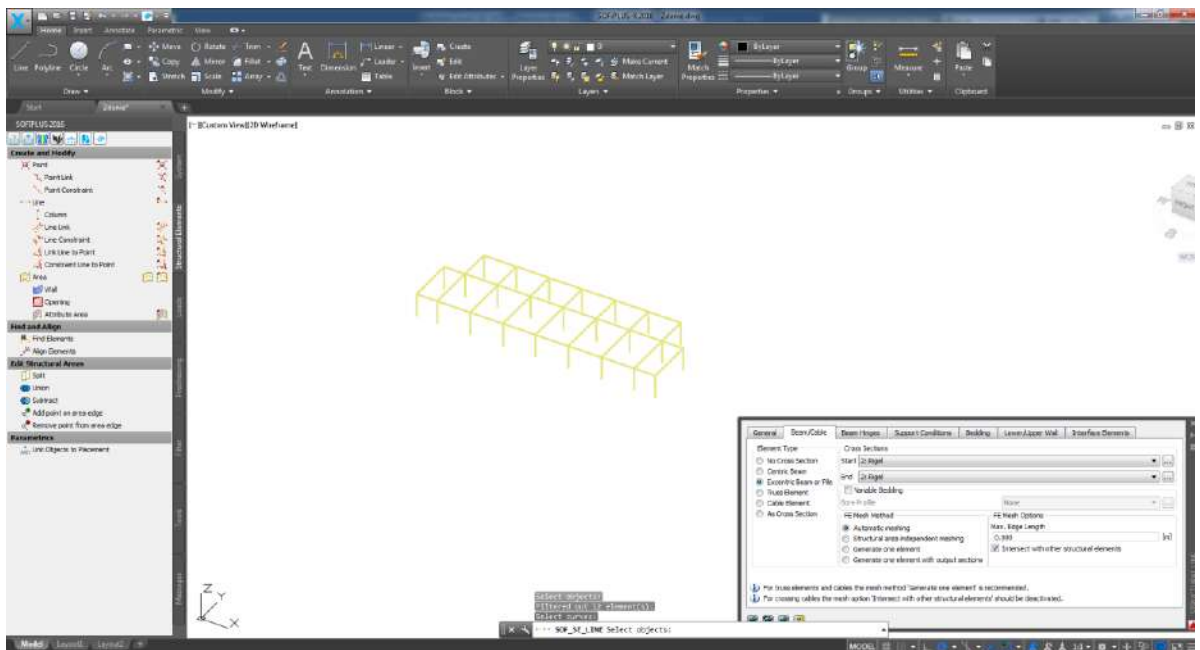


Рис.76. Схема розташування ригелів другого поверху

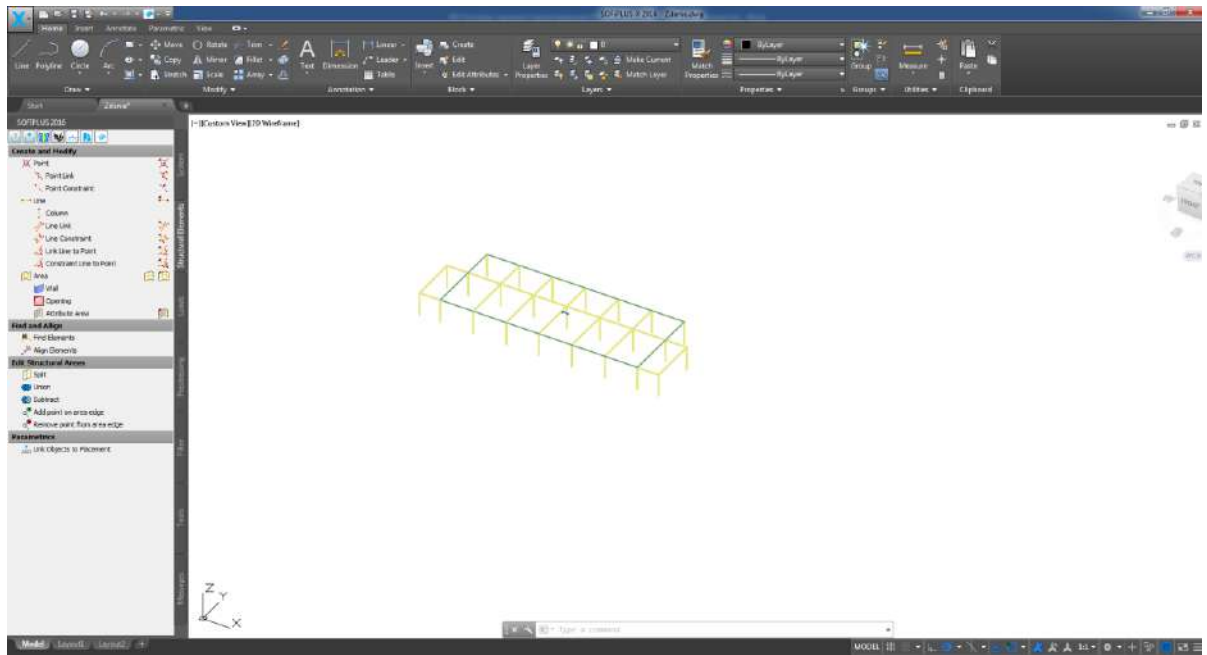


Рис.77. Схема плиты перекрытия другого поверху

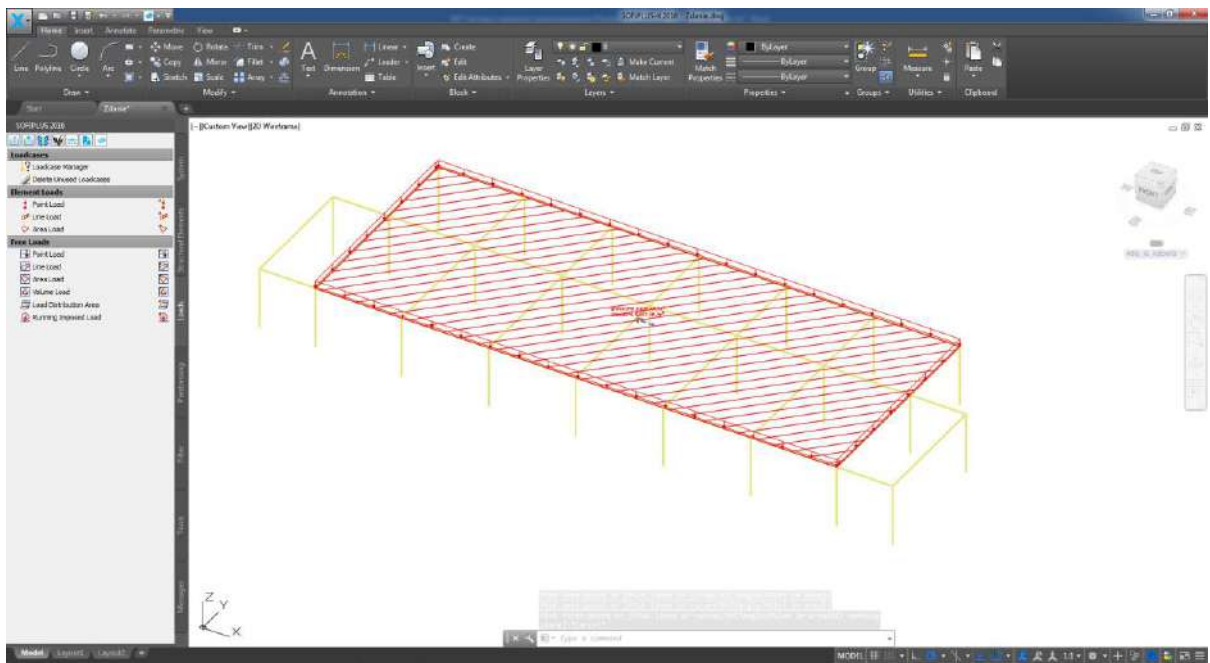


Рис.78. Схема завантаження плити перекрытия другого поверху

Третій поверх (рис.79-82).

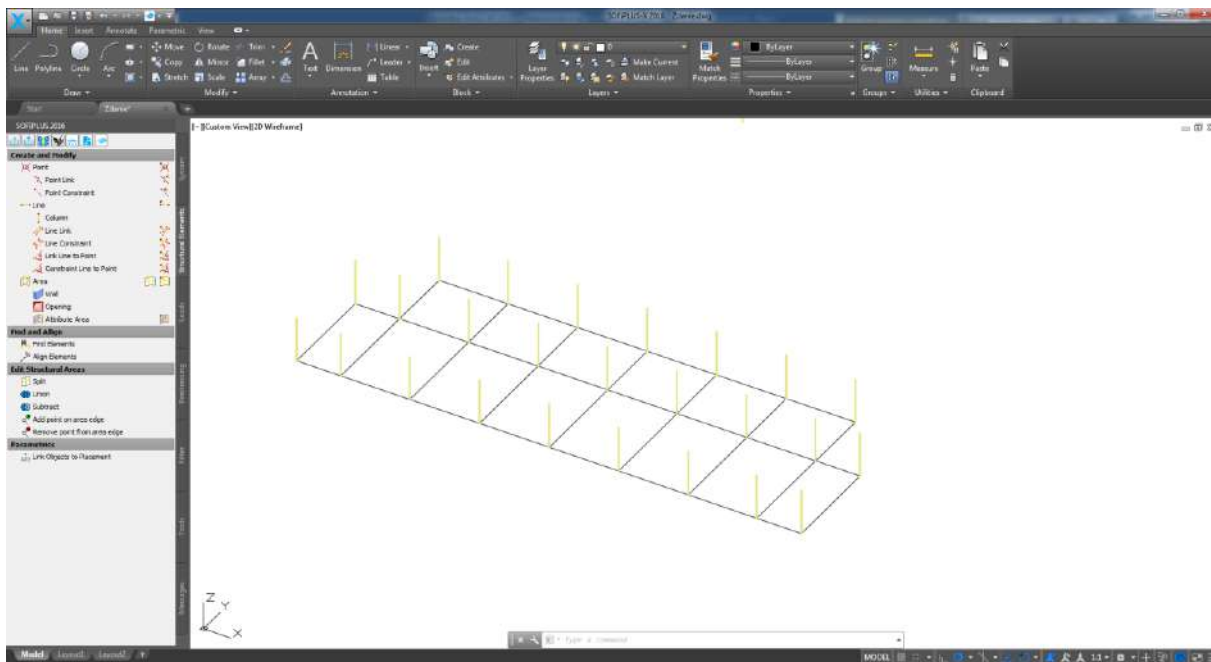


Рис.79. Схема розташування колон третього поверху

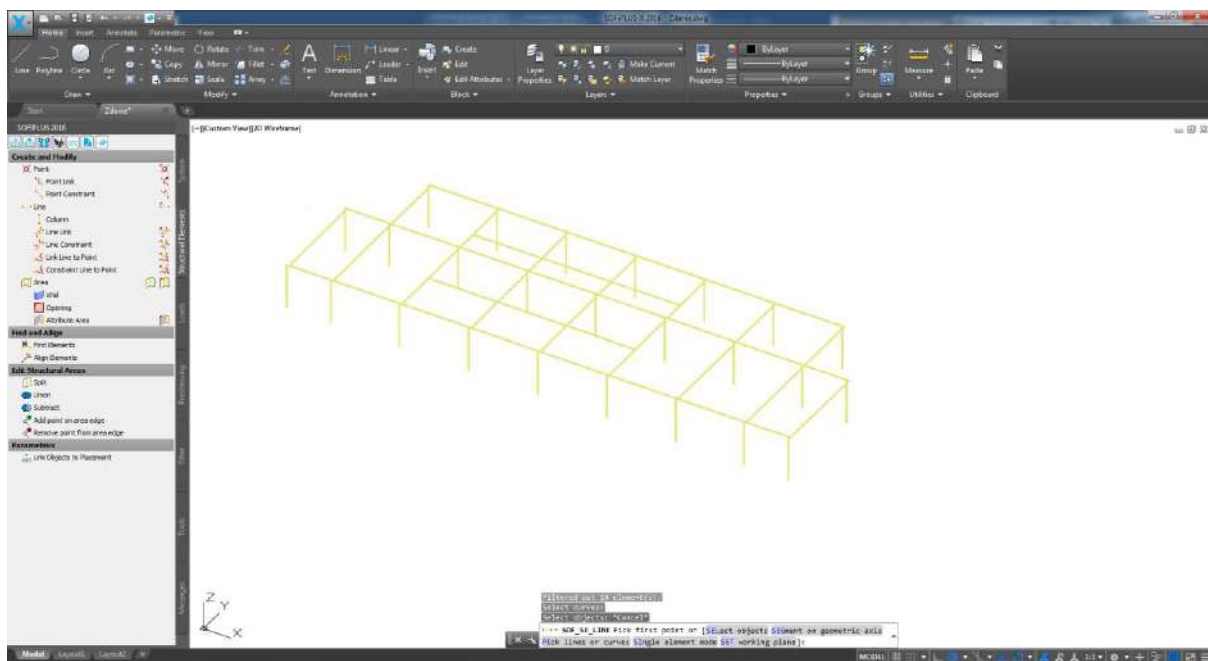


Рис.80. Схема розташування ригелів третього поверху

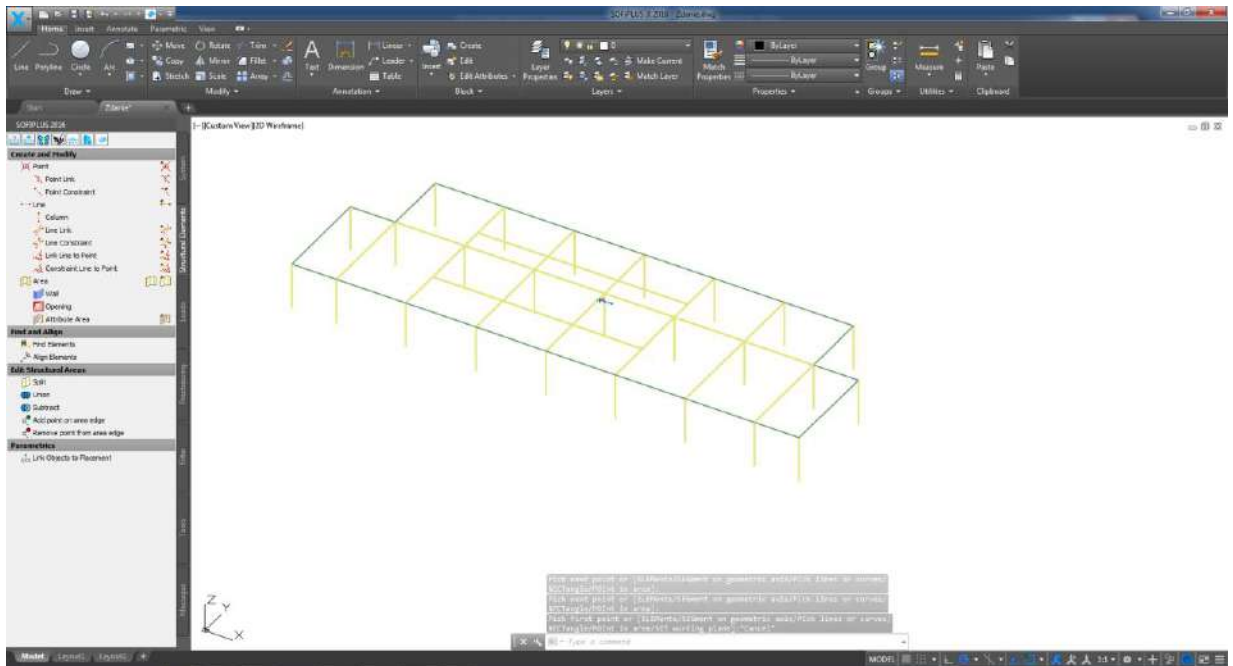


Рис.81. Схема плити перекриття третього поверху

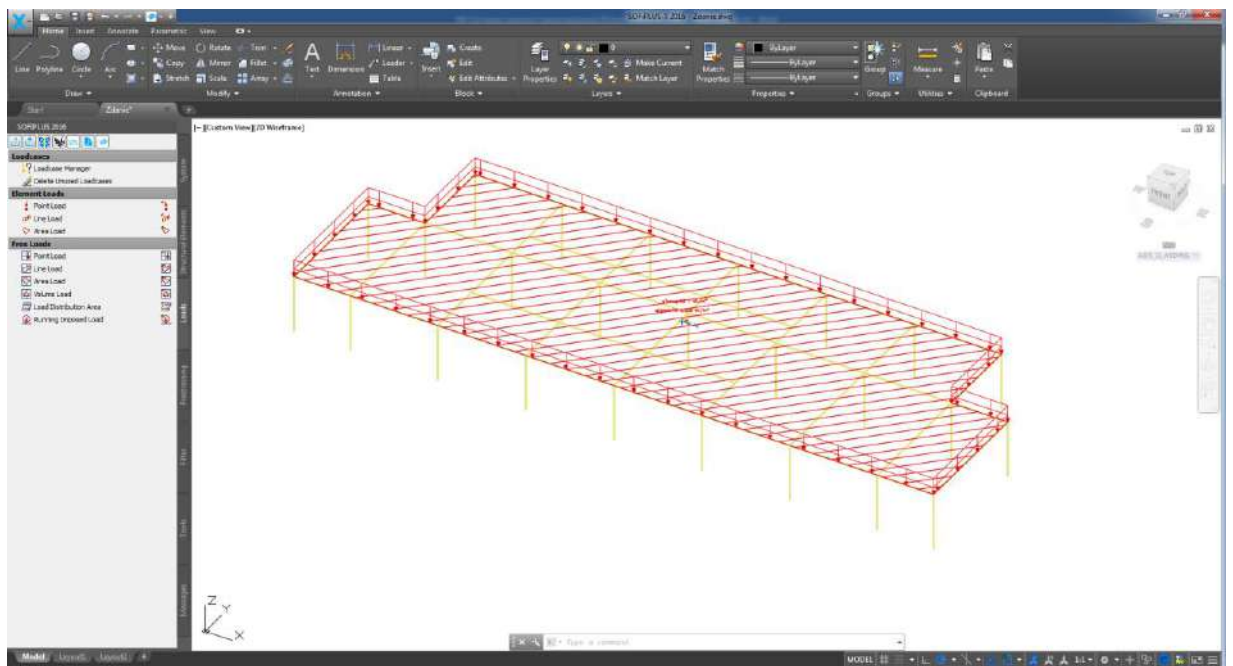



Рис.82. Схема завантаження плити перекриття третього поверху

Отримаємо повну розрахункову схему рами збіркою з окремих поверхів. Розрахункова схема просторової рами завершена (рис. 83) та готова для експорту в розрахунковий модуль програмного комплексу. Натискаємо на  та відправляємо схему в розрахунковий модуль (рис. 84).

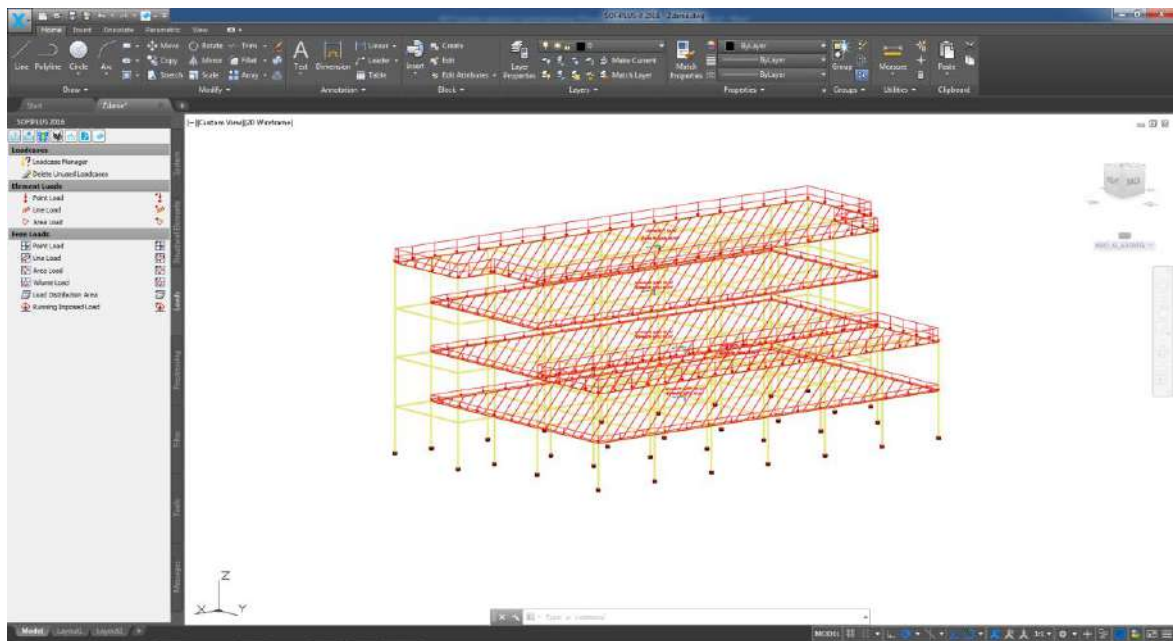


Рис. 83. Розрахункова модель трьох поверхової громадської будівлі

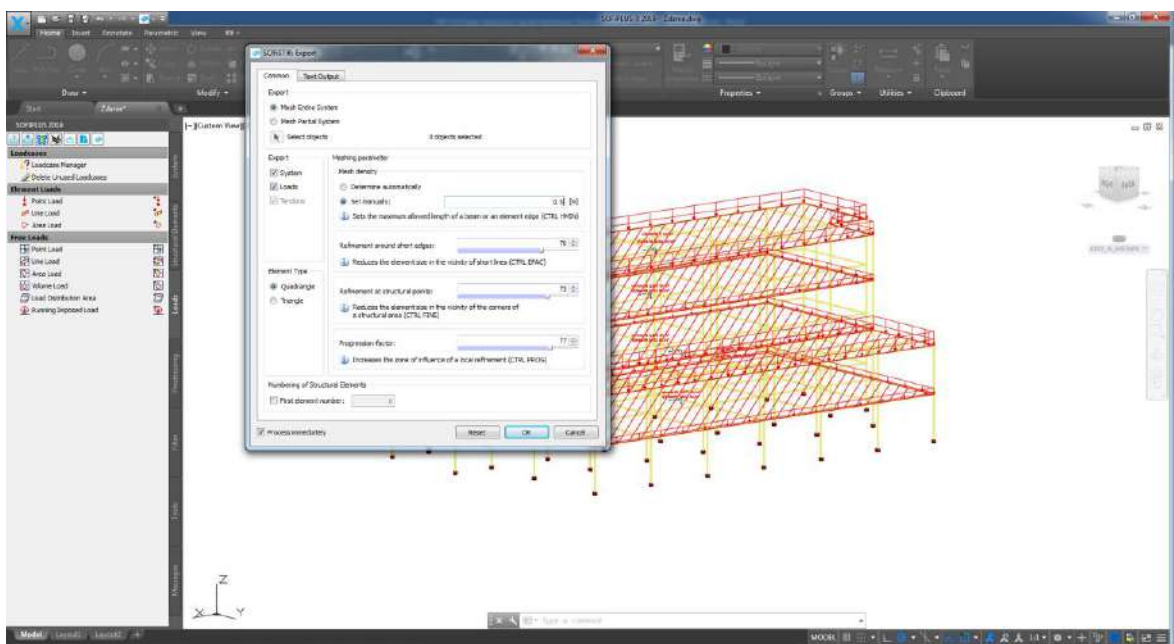


Рис. 84. Експорт моделі в SSD модуль

П.4. В модулі SSD задаємо комбінації завантажень натиснувши на **Define Combinations** в вікні завдання комбінацій за замовчуванням вибираються комбінації згідно СНиП 52.101-2003(2004) (рис.85), натискаємо «ОК».

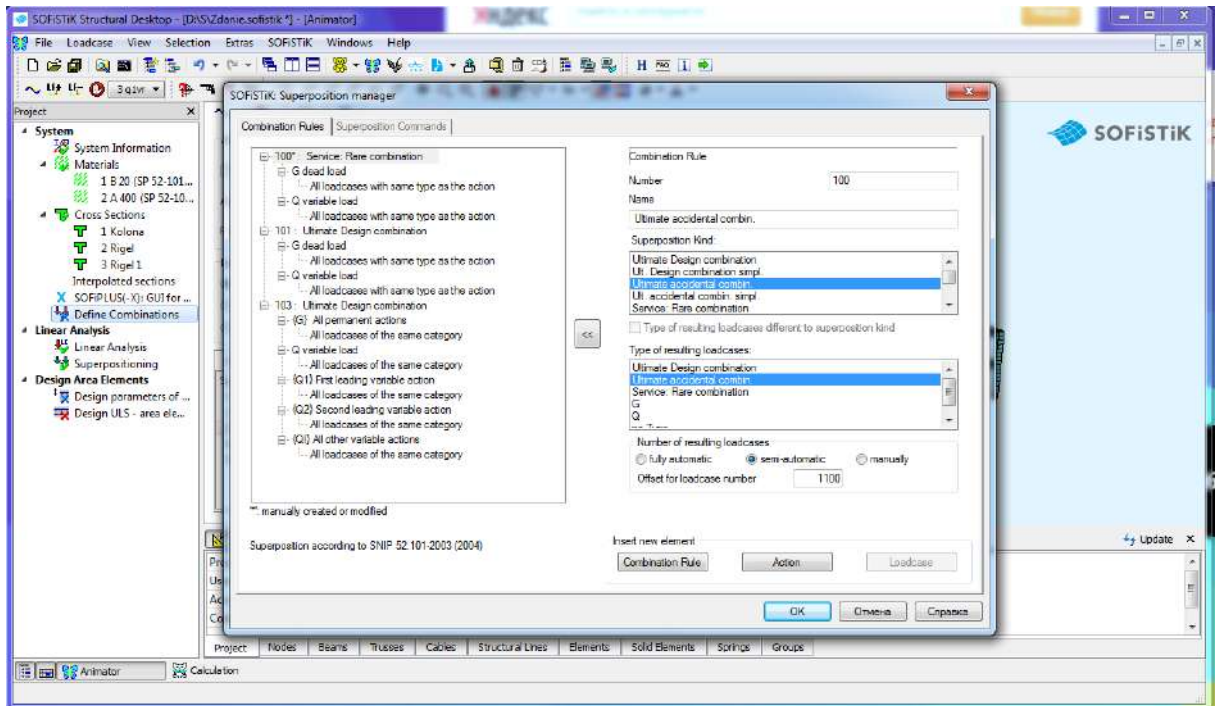



Рис. 85. Задання комбінацій навантажень в модулі SSD

Виконаємо повний розрахунок просторової рами. Для цього натискаємо , з'являється панель вибору потрібних розрахунків (рис. 86), натискаємо «ок». Чекаємо поки завершиться розрахунок (рис. 87)

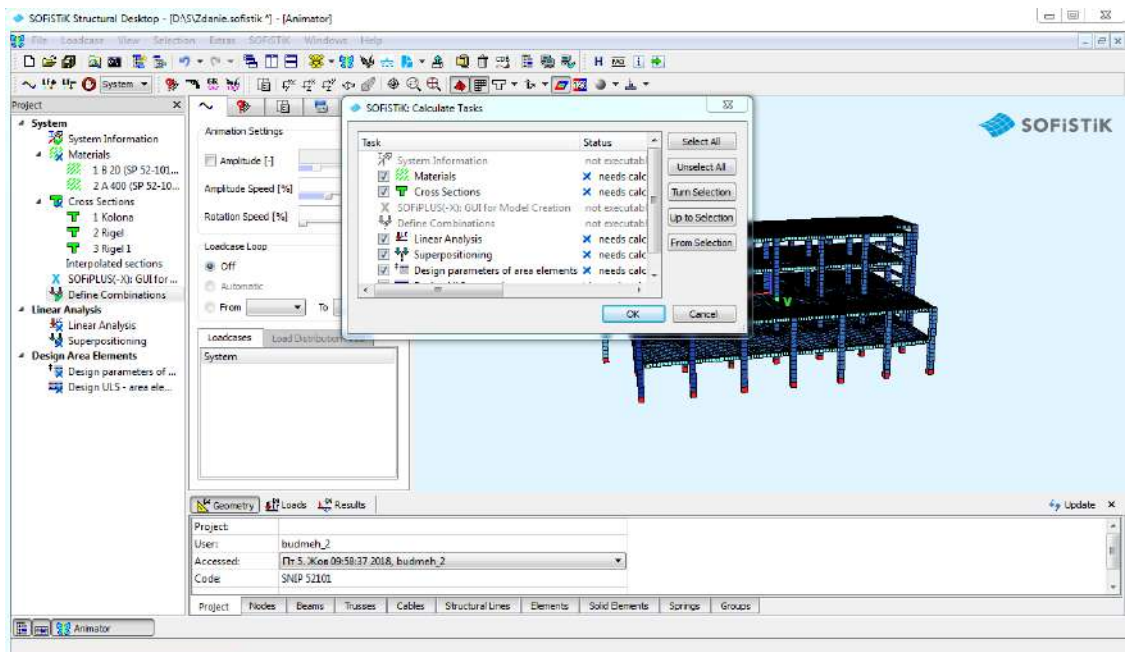


Рис. 86. Панель вибору розрахунків

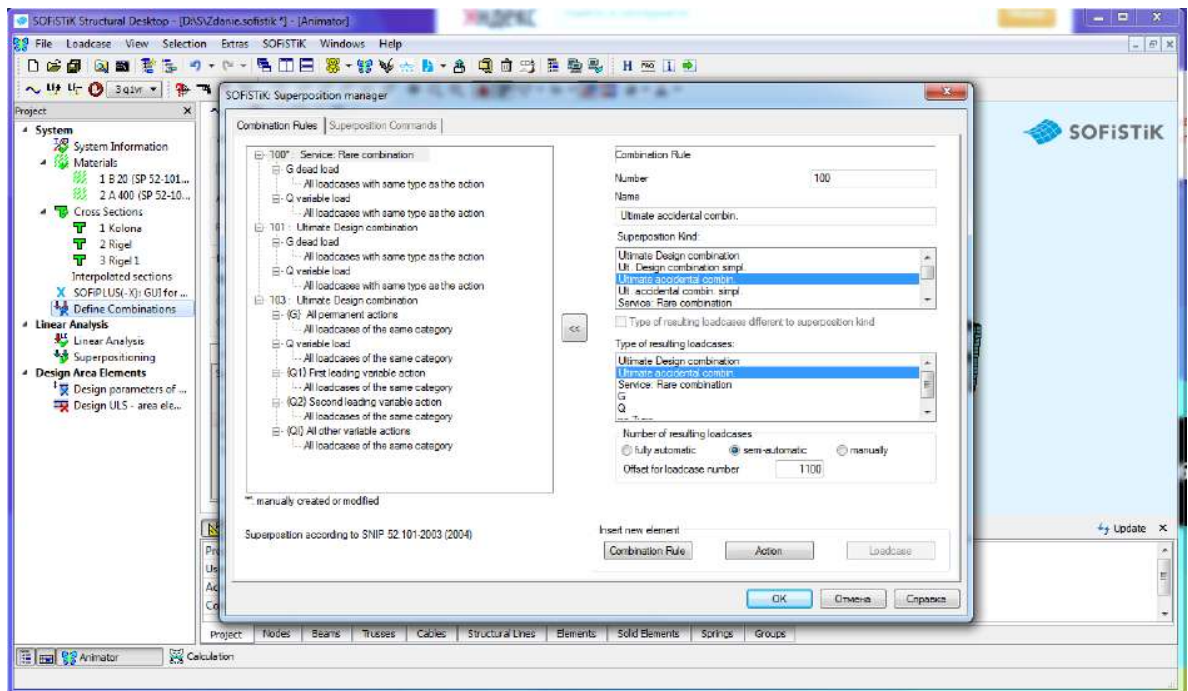

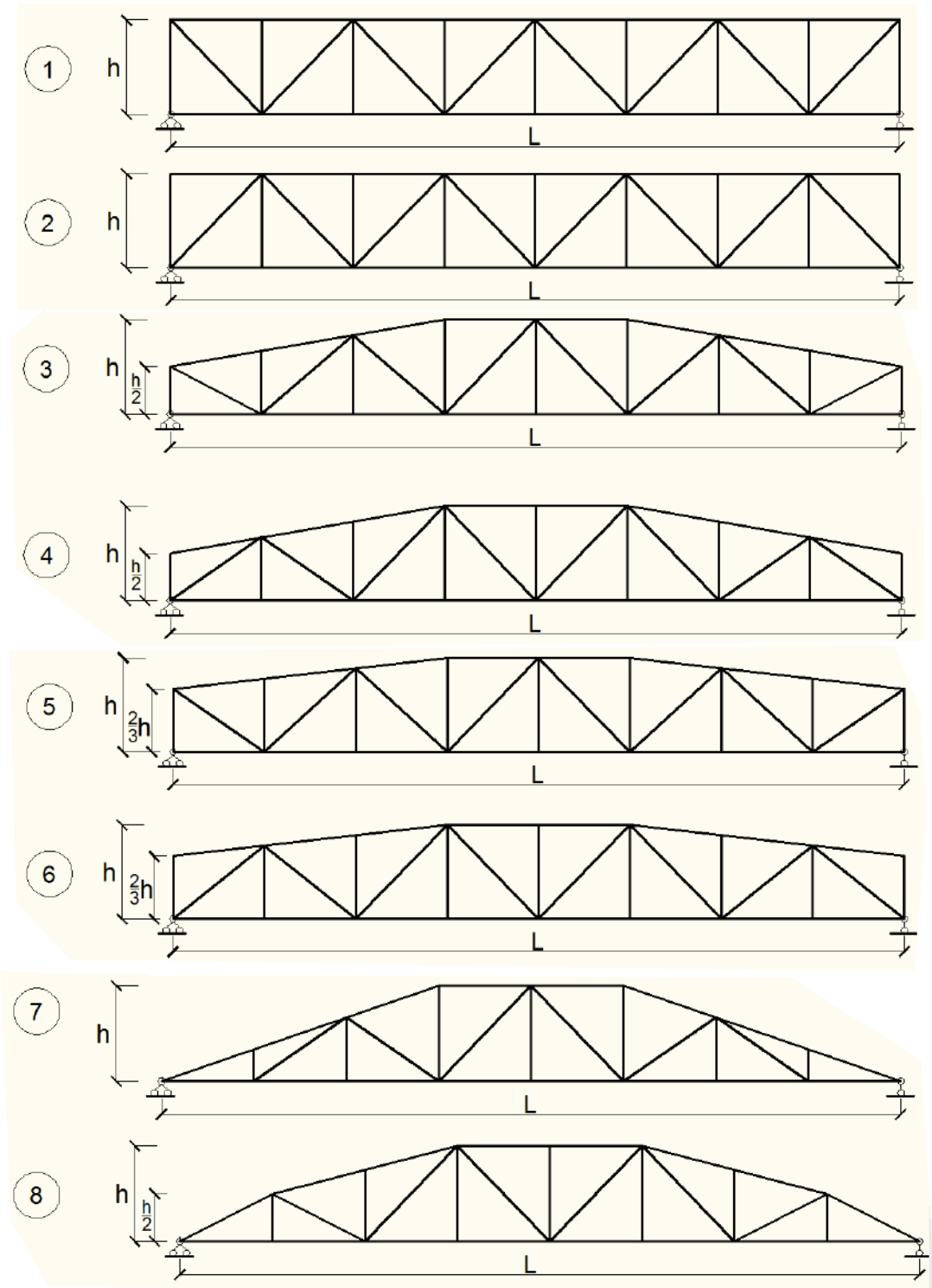


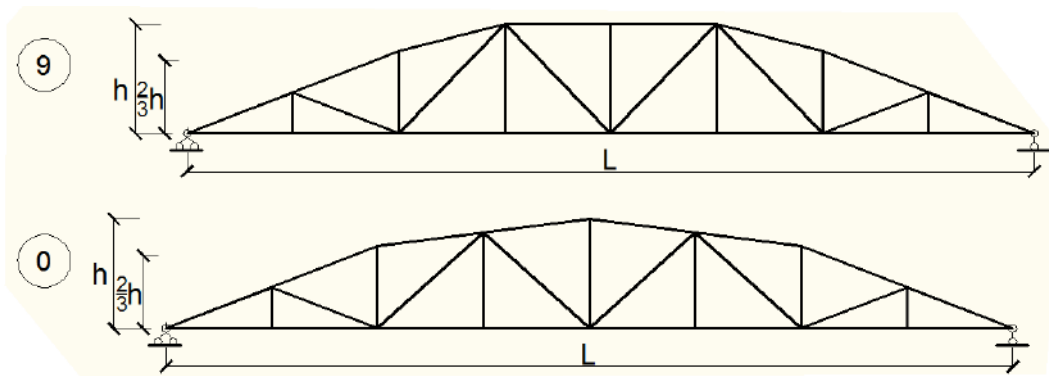
Рис. 87. Розрахунок просторової рами

Щоб сформувати звіт розрахунку, натискаємо .

6. Вихідні данні для розрахунку плоских конструкцій

6.1. Розрахунок металеві ферми



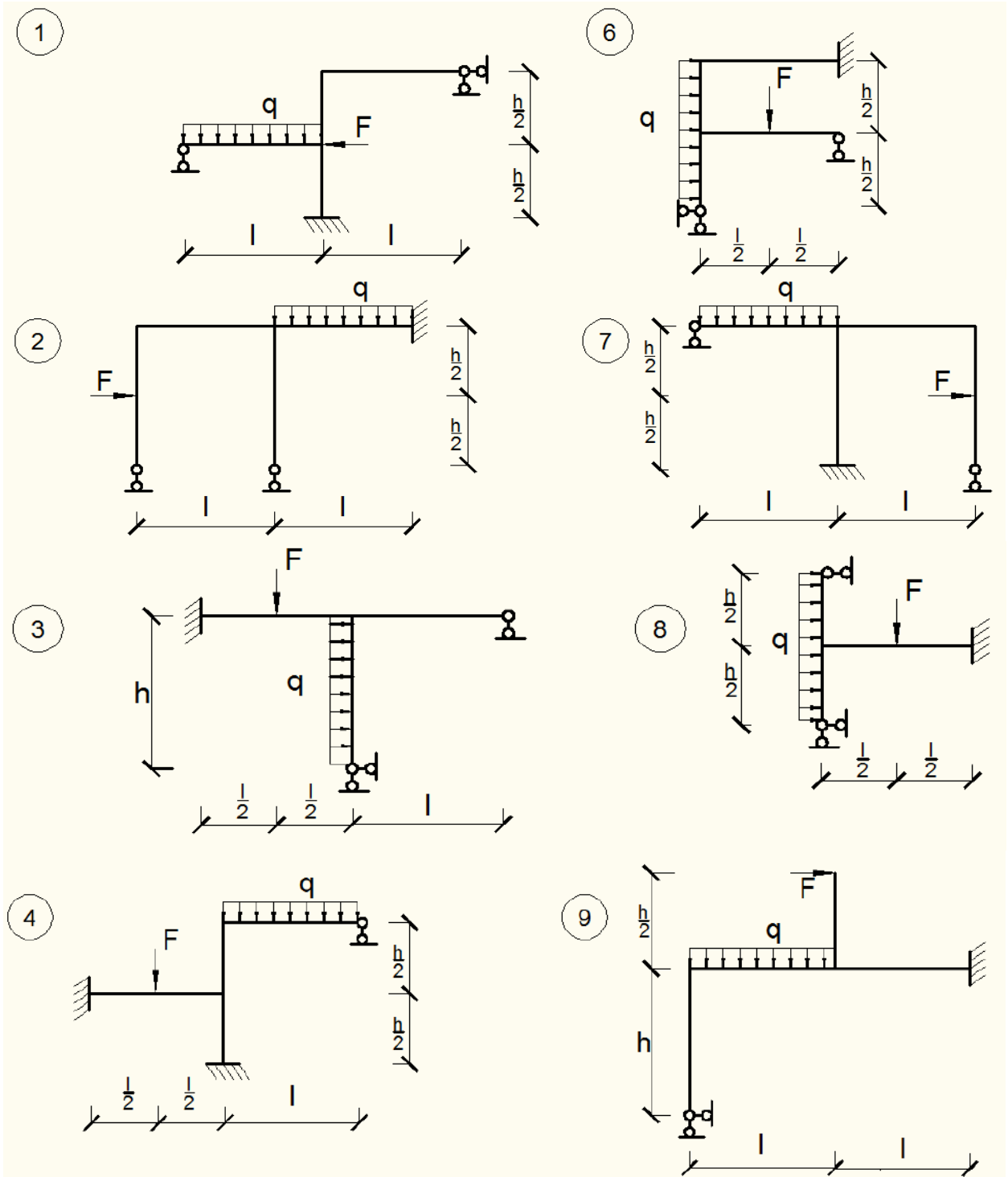


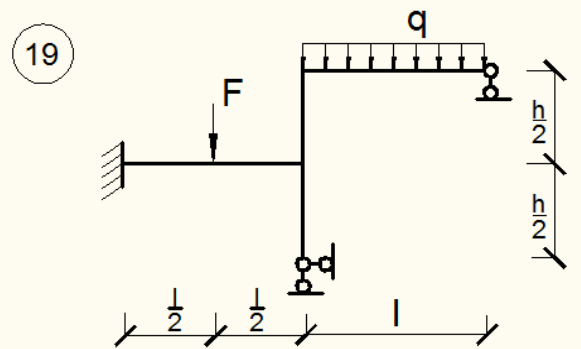
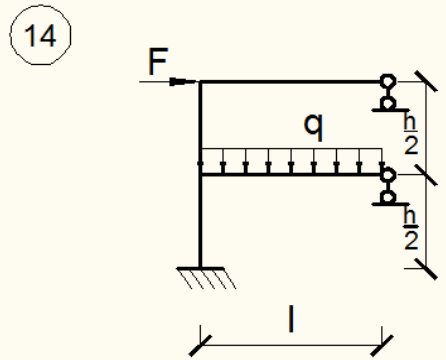
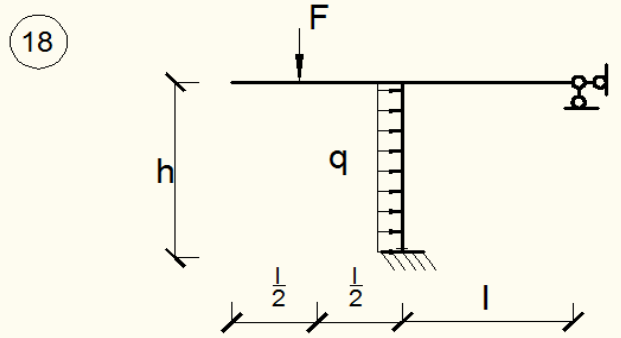
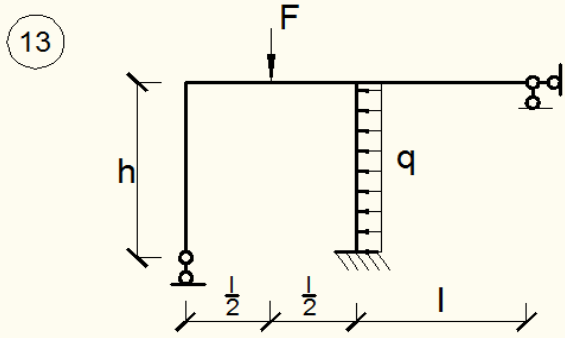
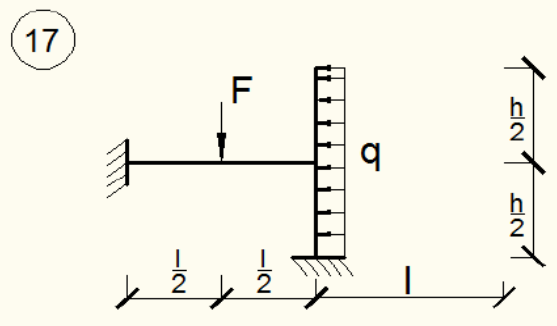
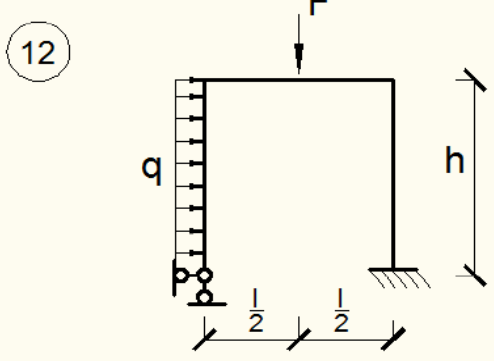
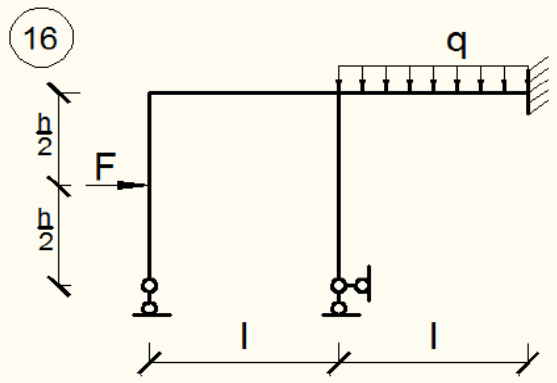
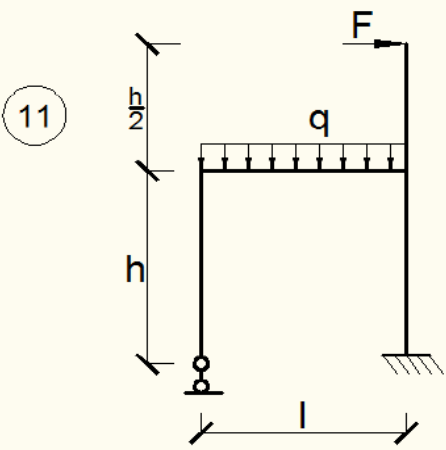
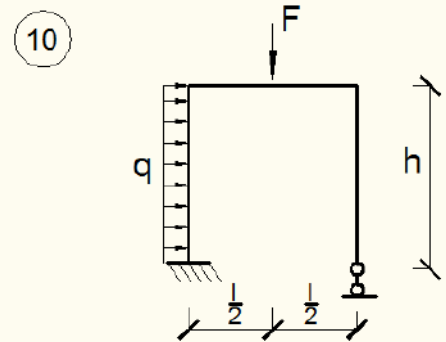
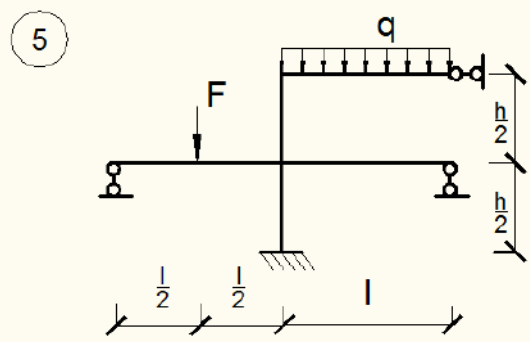
Таблиця 6.1

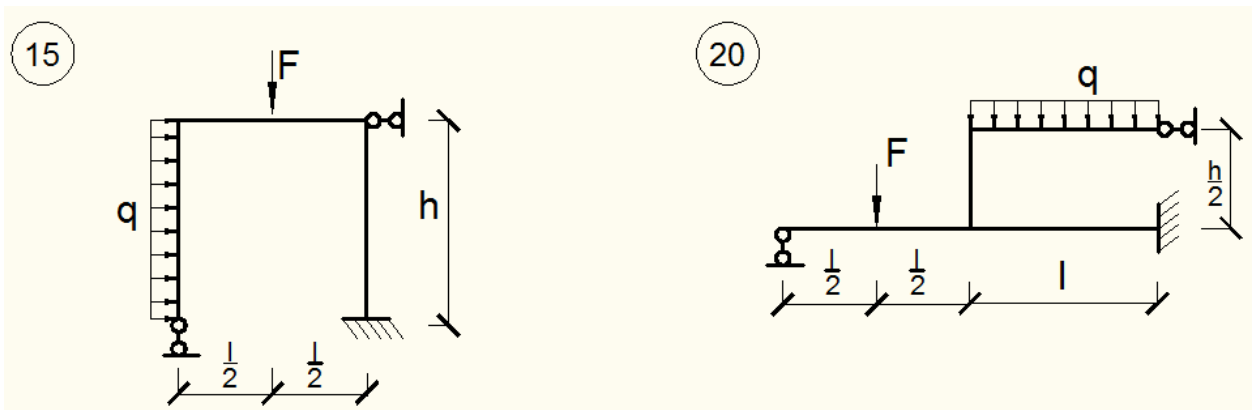
Вихідні данні для розрахунку металевої ферми

Варіант	Перша цифра		Друга цифра	Третя цифра
	L, м	h, м	P, кН	№ розр. схеми
1	16.0	2.5	10.0	1
2	24.0	2.6	11.2	0
3	32.0	2.8	10.5	2
4	40.0	3.5	12.0	9
5	17.6	3.0	13.2	3
6	32.8	3.4	14.5	8
7	27.2	3.5	12.5	4
8	16.8	2.5	10.5	7
9	25.6	2.7	15.0	5
10	35.2	3.0	13.0	6
11	26.4	2.7	12.4	2
12	17.6	2.8	14.6	9
13	33.6	2.9	11.5	1
14	19.2	3.2	12.9	8
15	18.4	3.0	14.7	3
16	20.0	2.5	13.3	5
17	36.0	3.1	12.8	6
18	28.0	3.2	10.5	0
19	24.8	3.3	13.7	8
20	32.8	3.4	14.2	7

6.2. Розрахунок залізобетонної рами





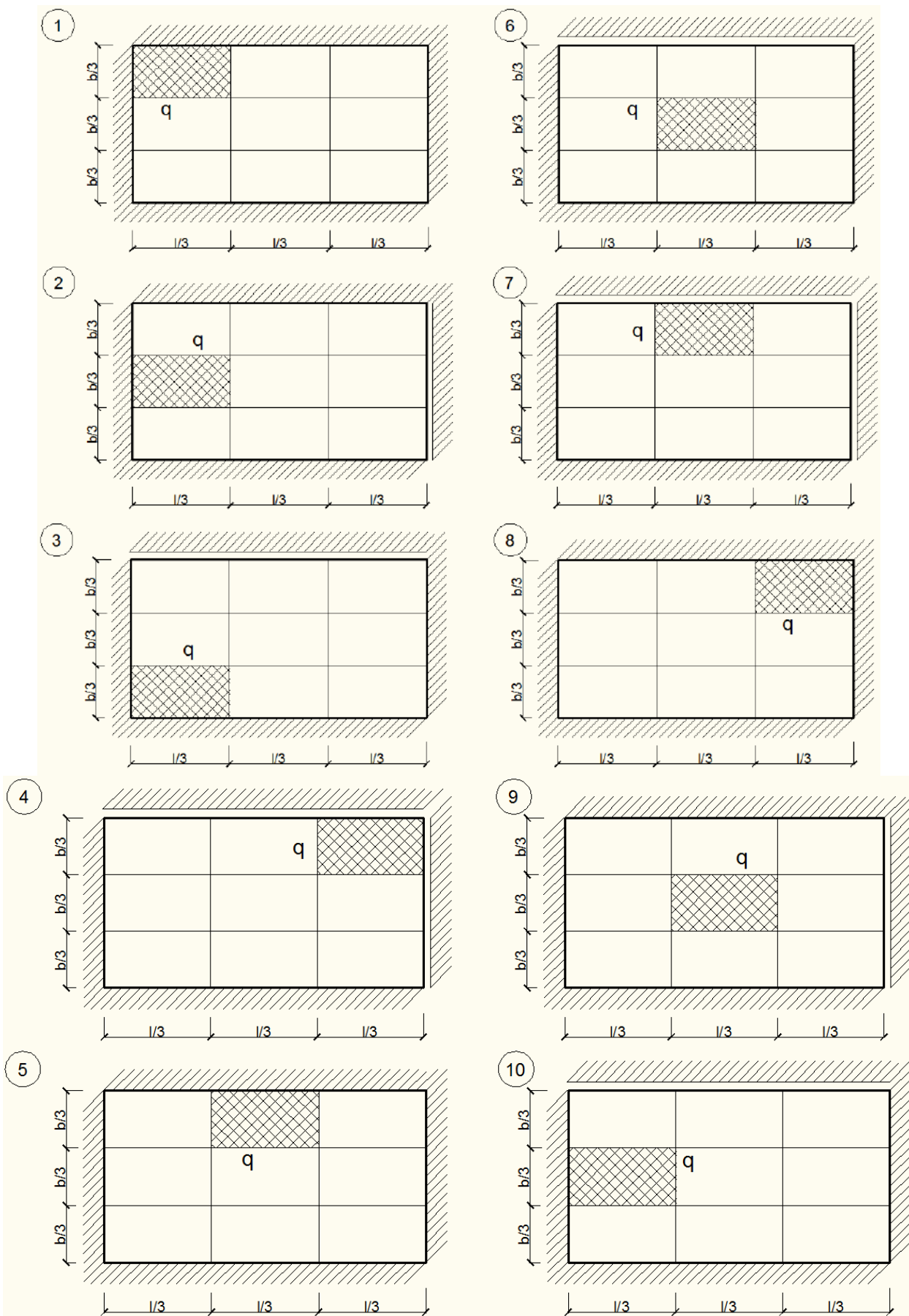


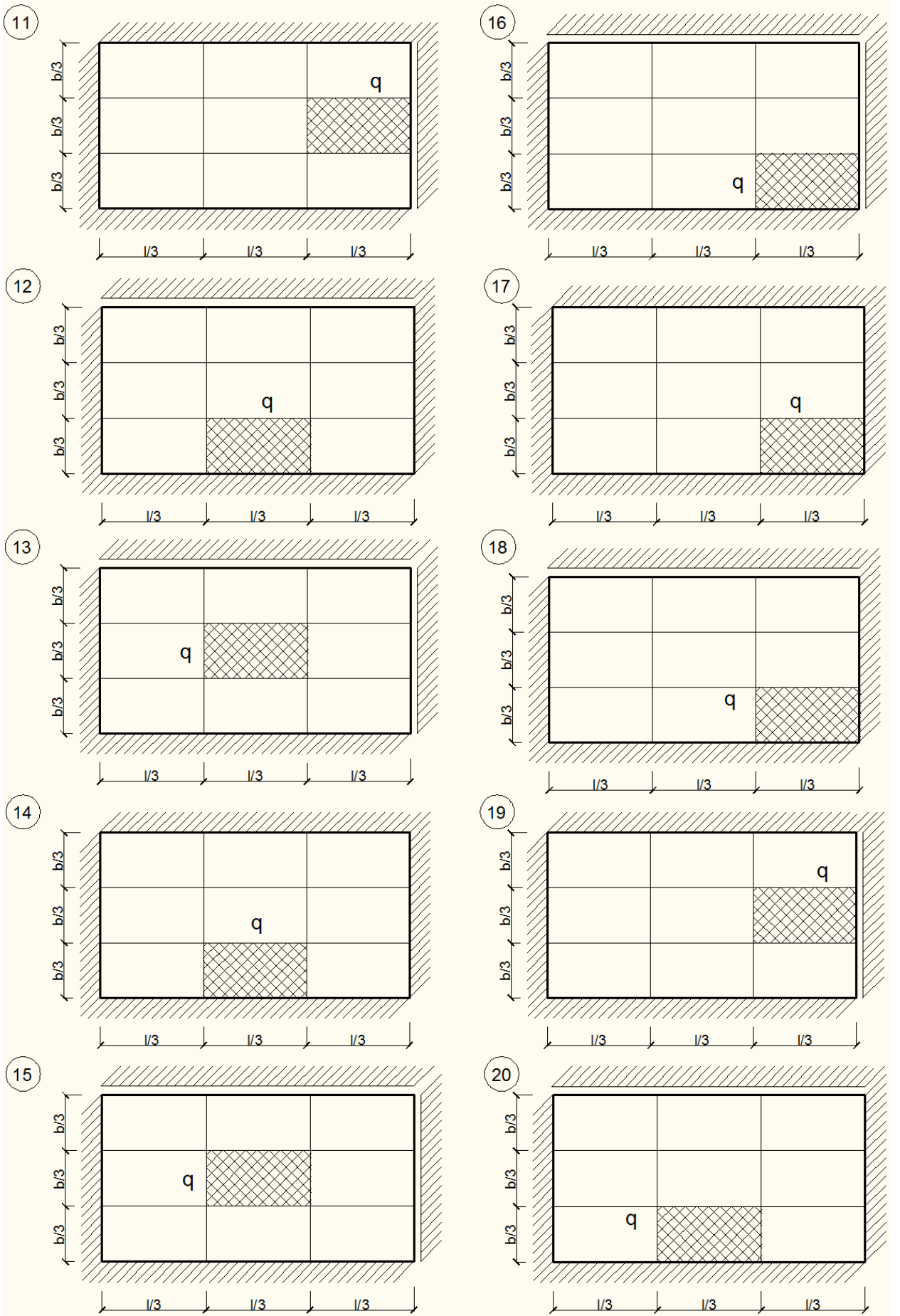
Таблиця 6.2

Вихідні дані для розрахунку залізобетонної рами

Варіант	Перша цифра						Друга цифра		Третя цифра	
	l , м	h , м	b_p , см	h_p , см	b_c , см	h_c , см.	q , кН/м	F , кН	Розр. схема	Клас бетону
1	5.0	6.0	40	50	40	40	10	5	20	25
2	6.0	6.5	45	60	45	45	12	7	18	20
3	7.0	7.8	50	65	50	50	15	9	14	10
4	8.0	8.0	45	50	45	45	17	11	7	15
5	6.3	7.5	42	55	42	42	11	13	12	20
6	5.8	6.6	50	60	50	50	16	15	9	10
7	6.5	7.6	40	50	40	40	18	10	8	25
8	7.5	7.2	45	60	45	45	10	12	1	15
9	6.8	6.4	45	50	45	45	19	14	19	25
10	8.8	7.4	42	55	42	42	11	16	2	20
11	7.2	6.2	50	60	50	50	13	18	16	10
12	6.4	6.4	40	50	40	40	12	10	10	15
13	5.5	6.6	45	60	45	45	15	19	3	20
14	5.4	6.8	50	65	50	50	17	15	11	10
15	6.6	7.2	45	50	45	45	19	13	6	25
16	5.7	7.4	40	50	40	40	18	11	13	20
17	7.7	7.6	45	60	45	45	16	14	5	10
18	6.4	8.0	45	50	45	45	14	8	15	15
19	5.5	7.5	42	55	42	42	12	9	4	20
20	8.0	6.5	45	60	45	45	10	7	17	10

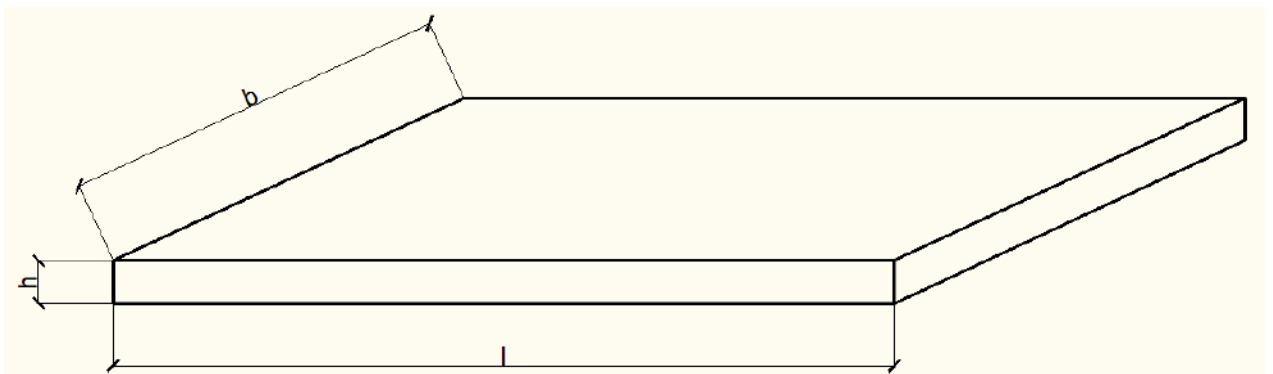
6.3. Розрахунок пластини





Вихідні данні для розрахунку пластини

Варіант	Перша цифра			Друга цифра	Третя цифра	
	l , м	b , м	h , м	q , кН/м	Розр. схема	Клас бетону
1	6.0	3.0	0.15	10	20	25
2	6.6	3.2	0.25	12	18	20
3	6.5	4.0	0.18	15	14	10
4	5.6	4.4	0.22	17	7	15
5	6.0	3.5	0.16	11	12	20
6	6.6	4.3	0.20	16	9	10
7	5.0	3.1	0.19	18	8	25
8	5.2	3.8	0.24	10	1	15
9	6.4	4.2	0.17	19	19	25
10	5.8	3.3	0.21	11	2	20
11	6.5	4.1	0.18	13	16	10
12	5.9	4.4	0.25	12	10	15
13	5.0	3.6	0.17	15	3	20
14	6.0	3.9	0.23	17	11	10
15	6.4	4.3	0.20	19	6	25
16	5.8	3.1	0.15	18	13	20
17	5.8	3.8	0.24	16	5	10
18	6.2	4.2	0.17	14	15	15
19	5.1	3.3	0.21	12	4	20
20	4.9	3.0	0.18	10	17	10



7. Вихідні данні до розрахунку просторової рами

№ п/п	Таблиця 1				Таблиця 2				
	Розміри будівлі, м	Висота поверху, м	Сітка колон, м	Кількість поверхів	Колона, см		Ригель, см		Товщина плити, см
					b _к	h _к	b _р	h _р	
1	12x15	3.0	3x3	3	40	40	40	50	15
2	18x15	3.3	6x3	4	40	50	40	55	17
3	12x18	3.5	3x3	3	30	30	30	45	20
4	21x18	3.0	3x6	4	40	40	40	50	18
5	18x18	3.5	6x6	4	30	30	30	50	20
6	18x24	3.5	6x6	3	40	50	40	45	18
7	12x18	3.3	6x6	3	40	40	40	45	15
8	24x24	3.0	4x4	4	50	50	50	60	17
9	12x24	3.5	6x6	4	30	30	30	45	18
10	12x24	3.3	3x6	3	30	30	30	50	20
11	24x18	3.0	6x3	3	40	40	40	55	20
12	12x15	3.5	6x3	4	30	30	30	45	15
13	15x15	3.5	3x3	3	40	40	40	50	15
14	16x24	3.3	4x4	4	40	50	40	55	17
15	18x15	3.0	3x3	4	30	30	30	50	20
16	12x12	3.3	3x3	3	40	40	40	65	18
17	15x15	3.5	5x5	4	30	40	30	45	20
18	18x16	3.3	3x4	3	40	40	40	55	18
19	24x18	3.0	6x3	3	30	30	30	45	20
20	15x12	3.5	3x6	4	50	50	50	65	15

Література

1. Кухтин В.Н. Применение расчетного комплекса SOFiSTiK для расчета мостовых конструкций: учебное пособие / В.Н. Кухтин, И.В. Булаев, И.С. Баранов. — М.: МАДИ, 2015. — 136 с.
2. Письмак А.В. Расчёт пролётных строений железобетонных и металлических мостов по предельным состояниям I группы / А.В. Письмак. — С.-Петербург: ПГУПС, 2014. — 51 с.
3. Ярошутин Д.А. Расчет транспортных сооружений в SOFiSTiK. Часть 1. Организация проекта SOFiSTiK Structural Desktop (SSD) / учебное пособие для студентов специальности «Мосты и транспортные тоннели» // Д.А. Ярошутин. — С.-Петербург, 2011. — 71 с.
4. Яшанов А.П. Автоматизированное проектирование мостов в SOFiSTiK (SABD) / А.П. Яшанов, А.А. Антонюк. — С.-Петербург: ПСС, 2015. — 64 с.