

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 розрахунковографічних 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.

## 3MICT

Вступ	4
1. Можливості й структура пакета SOFiSTiK	5
2. Розрахунок металевої ферми	12
3. Розрахунок залізобетонної рами	21
4. Розрахунок пластини	30
5. Розрахунок трьох поверхової громадської будівлі.	37
6. Вихідні данні для розрахунку плоских конструкцій	61
6.1. Розрахунок металевої 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 (MCE) і призначена для моделювання та розрахунків конструкцій, використовуваних, в першу чергу, у будівельній галузі.

Цей пакет є розробкою німецької компанії SOFiSTiK AG (<u>www.SOFiSTiK.com</u>), 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.

4

#### 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 3 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 "ґрунт-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 — с:\program files\SOFiSTiK\ SOFiSTiK.23;
- *папка конфігурації* зберігає локальні настроювання комп'ютера й профілю користувача. Приклад е:\home;
- у робочій або поточній папці зберігаються всі дані проектів.
   Рекомендується зберігати кожний проект 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;

SOFIMSHВ — 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:

7

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;

РНҮЅІСА — 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:

МАХІМА — додавання даних;

BDК — 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;

PROТ — підготовка протоколів за каркасною структурою;

ТЕХТІLЕ — 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 .SOFISTIК 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 .PLВ 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 .SOFISTIК 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 якім 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 USRULA 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.

11

### 2. Розрахунок металевої ферми

## Вихідні дані:

P = 15 кH; h = 3 м; L = 24 м; елементи ферми (рис. 2) виконані з парних кутиків 75х6 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).

	Project				
	Numer Puls				
Projects	Title:				
New Project	Design Code				
🗃 Open Project	SNIP 52.101-2003 (2004)				
Recent File List	Altitude: 0.0	[m] Zones: Wind:	III   Category: B  Snow:	[IV   Earthquake: 7  Calculation	
D:\S'PI_5p.sofistik	System	20 EEA		Orientation of Deadlo	vad. Negative V-Avis 💌
D:\S\PI (5 p).sofistik	2D Frame	O 3D FEA		Type of Calculation:	Plane Strem System *
D:\S'Pl_p.sofistik	② 20 Girder System	20 Slab	ZD Prestressed Sla	b Module:	ASE 💌
D:\S'Plastina.sofistik	Grains			Sustem creview	Kontra-
D:\S\63.sofistik	Exed Group Divisor:	10	000	opacinpreterv	
D:\S\51.sofistik	Automatic Factor group base:	10	000		
D:\S'Pl.sofistik					6
D:\S Most.so fistk	Unit Set: Standard units (m, KN, sec v	vith some historic devi	ations)		
D:\S\KP 350.sofistik	Language: English				
D:\S'KP 450.sofstik	Boxed Values				Z
D:\S\KP 300.sofstik	Preprocessing				
	SOFiPLUS(-X) - Graphical Preprocessi	ng 🔹	Drawing Units	Mesh Generation	
	Initial Workspace: 20	[m]	9 m () cm () mm () UnitSet	Automatically (Structural Elements)	Manually (Finite Elements)

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 подвійній клік лівою кнопкою миші на строчці з матеріалом (В 20). У відчиненому вікні вибрати: Туре→Structural Steel та в Classification→235 (рис. 4).

×	Q.Q. Antimation	SOFISTIK: Design Code Ma	terial					20
System System Information Materials Materials 2 A 400 (SP 52-101 Cross Sections Interpolated Sections St Spleulidy XV, GH Sec	Animation Set	SNIP 52: 101-2003 (2004) (RU) Number: 1 Title: Type: (SNIP II-23-81) Structur Properties Strength 1 General properties	C 235 (SNIP II-23-8 al Steel • Bedding	1) ] Classification: [	Advanced b b	[rm] <b>(</b> *		
Define Combinations     car Analysis     Unrest Analysis     Unrest Analysis     Superpositioning     sign Beams     Design ULS - Beams     Testign SLS - Beams     Inicear Analysis     Loadcase Combinatio     IX Analysis of Combined	Loscase Loo Off Automatic From Loadcases System	Self weight: Density: Compreasure coeff.; Estic modulus: Poteson rates: Sheer modulus: Compression modulus:	Υ ο 1 Ε 2 μ G 7 Κ 1	78.5 [R4/m7] 7850 [R4/m7] 2006-05 [LM 0600+05 [MPa] 0.300 [] 5232+04 [MPa] 7176+05 [MPa]				
	Project: User: Accessed: Code: Protect: Nodes	Stress-Strain Curves	Property Sels	Thermal Pi	aper ties	5	CK Cancel Heb	

Рис. 4. Вибір матеріалу конструкції

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



Рис. 5. Модуль SOFiPLUS

**П.3.** Назначаємо жорсткість елементів. В пункті Cross Sections вибираємо кутики 75х6 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 Туре вибираємо «L» (кутики); в строчці Referencepoint виберемо «positive»; в Mirror – «on Z axis» (рис. 7).

	SOFIPLUS-X 2016 Ferma.dwg	
Home Insert Annotate Parametric View 🗗 -		
	SOFISTIK Profiles No: 1	
Draw + Modify + Annotation	Tille         GOST L 75 x 75 x 6         Propertie           Material         1 C 235 (SNP1123 81)              •             •	- FryCargeer + Chipboard
SOFIPLUS 2016 [-][Top][2D Witefra		- a ×
Set We will be a first of the set of th	Type         Show also prolifies of other codes           ✓         750 × x 250 × x 6000 ×           Performage         Booking code           Mino:         8 750 mm           0 750 mm         2           Mino:         5 50 mm           0 750 mm         2           R1 50 mm         2           NH mol         R2 300 mm           2M (m)         0           2M (m)         R2 300 mm           Booking Curve         12 5.0 mm	
Metingle Tools Filter P	Luston Custon Cu	
Model Layouti Layouti +	MODEL 🖩 💷 + 🛌 😅 + 🍾 +	🖉 🛄 • 📕 犬 人 1:1 •   9 •   +   沿 🐻 🖂 三

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 Туре вибираємо Ttuss Element (елементи ферми), вибираємо переріз (рис. 9).

Home Inse	2 🕂 - 🖂 - 🥏 - et Annotate Pari	ametric Vi	nu 103 -				SOFIPL	-X2016 Ferme dwg
General Beam/	Cable Beam Hinges	Support Co	nditions Bes	ding Lower	/Upper Wall	Interface Elements	Loads	🔹 🔹 🚓 🛄 🇢 🔳 Bylayer 🔹 🎀 😕 🛌 🐇 👔
Globel:	РХК 🕅 РҮҮ	P2Z	MIX .	T MYY	MZZ		II AI	Insert Match ByLayer Group Croup
Local: 📃	РХ 🗍 РҮ	📰 PZ	III MX	MY MY	🖂 MZ	m MB	IIA 🗐	🧭 • Properties 🚟 — ByLoyer 👻 🔝
aroup 0								Block * Properties * a Groups * Utilibes * Ci
								-
								N N
								s
				-			1	
Link Line to Po	31) Int	1	Iseected	Add Liene		Appy	Cance	
12								
Constraint Lin	to Point	1	T TERS					
📕 Constraint Lin () Area () Wali	to Point	10 10 10	n Prettess					
Constraint Lin Area Wali Opening	e to Point	1 1 1 1 1 1	n Plettes,					
Constraint Lin Arec Wall Opening Attribute Area	e to Point	ររ្ម ១២ ស្រ	Hite Pretter.					
Ares Walk Opening Attribute Area and Allign	= to Point	ee M	n Filter Prestrasi.					
Constraint Lin Area Wal Opening Attribute Area and Allign Find Elements	e to Point	i C M	a title Prestees.					
Constraint Lin Ares Wal Opening Attribute Area and Allign Algn Elements Algn Elements	e to Point	en M	Tools Fille Prestnas.					
Constraint Lin Ares Wal Opening Attribute Area and Allign Find Elements Structural Areas Structural Areas	: to Point	e e M	Tools title Prestrat.			Y		Contands
Constraint Lin Area Wal Opering Attribute Area and Allign Find Elements Align Elements Structural Areas Spit Button	e to Point	o i	ges Tools Hille Prestnas.			, Y	Ŷ	Command: sof_se_on_double_click_conves
Constrant Lin Arco Wal Overing Coering	: to Point	n N	nages Tools Hilf Prestau			Y	_×_	Command: sof_se_on_double_click_curves 32 -
Acco Val Opering Athibute Area and Allign Find Bements Valor Bements Valor Bements Structural Areas Splt Subtract Valor	to Point	a a M	Messages Tools title Prestness			Ŷ	_x.	Command: sof_se_on_double_click_curves SoF_SE_ON_DOUBLE_CLICK_CURVES
ConstrantLin Arco Wal Constraint Attribute Area and Allign Find Dements Algo Ielements Structural Areas Splt Union Subtract Remove point from	edge area edge	19 19 19 19 19 19	<ul> <li>Mexages Tools Title Prestness</li> </ul>			Y L	_×_	Command: sof_se_on_double_click_curves Sof_SE_on_DOUBLE_CLICK_CURVES Select elements on [ X





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 направлення, в яких накладаємо зв'язки: ліва опора – шарнірно нерухома – РХХ та РҮҮ, права – шарнірно рухома – РҮҮ (рис. 10).

Contraction of the local division of the loc										Terma.dwg
	General	Support Condition	ns Springs	Lower/Up	per Column	Column Head	Halfspace Pile	Loads		
-	Support Co	nditions								- Real - Relation - Re
	Global:	V PXX	PYY	PZZ	MKX.	MYY .	MZZ		IA III	
	Local:	E PX	PY:	PZ	III MK	III MY	MZ	ME	IA III	Insert Motch = ByLayer Group Measure Paste
										🧐 + Properties 🚟 ————ByLayEr - 🔛 - 🖬 -
										Block • Properties • • Groups • Utilities • Clipboard
										_ a ×
1										
11										
De										8
RAI										
5										
E										
		1								
	Constrain	t I ano to Doont		10	1991				1	
CT AN	Constrain	CLINE to Point		nn	direct of					
0-0	Wal				Pres			- <u>-</u>		¥
Ē	Opening									
(É	Attribute	Area		颜	1 ter					
Find and	Allign				100					Command: sof se point
H. Fin	id Elements									<pre>Pick point (end+mid+cen +nod+int+ext) or [Point in</pre>
Ale Ale	gn Elements				colt					column/Select end point(s)
Edit Stru	ictural Are	as			12					of structural line(s)]:
E spi	lit				0 ~					A - SOF_SE_POINT
C Un	ion				S I					+nod+int+ext) or
SU SU	d octot on :	una adar			AK.					Point in column
AU Re	move coint	from area edge				×				Select end point(s) of st
Mode	1	and a colouge	141		-				(8)*	
nioue	a subject	and a style of the								

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 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 **с**, звіт сформується в автоматичному режимі.

### 3. Розрахунок залізобетонної рами

### Вихідні дані:

Розміри рами — h = 3 м; l = 5 м. Поперечний переріз: ригеля —  $b_p x h_p = 40x60 \text{ см}$ , стійки —  $b_c x h_c = 40x40 \text{ см}$ . Рама (рис. 17) виконана з бетону класом B25, арматура — A400c.

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



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).

	Project Name: D:\S\Rama p						<b>~</b>
rojects	Title:						
New Project	Design Code						
🗃 Open Project	SNIP 52.101-2003 (2004)						
Recent File List	SNIP + 52101	RU T					
D:\S\Ferma.sofistik	Autube:	to ful zones: wind:	(m · Calegory: [b · ] Show	i: [ti •] œri			
D: \S\PL 50 (arm) sofistk	System				Calculation	C	
Duicipi En enfette	🐑 3D Frame	O 3D FEA			Drientation of Deadload:	Negative Y-Axis	-
	2D Frame	② 2D Wall			Type of Calculation:	Plane Stress System	
D: PAL (2 b) soustry	2D Grder System	② 2D Slab	(2) 2D Prestressed Sk	ab	Module;	ASE	
D: \S\PL_D.sofistik	Groups				System preview		
D: \S\Plastina.sofistk	Bxed Group Divisor:		10000		-	- 1	
	O Automatic Factor group base	*	10000				
D:\S\51.sofistik					F	7	
⊘ D:¹/S\Pl.sofistk	Unit Set: Standard units (m, kN, se	ac with some historic de	viations)				
D: \S\Most.sofistik	Language: English				X		
D: \S\KP 350.sofistik	Boxed Values						
D: 'S\KP 450.sofistik	Preprocessing						
	SOFIPLUS(-X) - Graphical Preproce	ssing 🔹	Drawing Units	Mesh Generation	17. 		
	Initial Workspace: 20	[m]	🖲 m 🔘 an 🔘 mm 💮 UnitSet	Automatical	(Structural Elements) 🖑	Manually (Finite Elemen	ts)

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).

SDFiSTiK Structural Desktop - [D:	SRame p sofistik	] - Animetor			A DESCRIPTION OF TAXABLE PARTY.		= 0 ×
Ne Louisse View Selection	Entres SCHOOL	Windness Hielp					
D 📽 🕼 🔍 📾 🖹 🐎 🧨	<b>リ・</b> ペ・ 吾日	] 🗄 😽 - 😫 🤟 🚓 🚺	- 8 4 1 3 1 1	н 🔤 i 🍋			
∼ tự tự 🕐 System 💌 🍄	<b>■ 85 ₩ 1</b>	SOFISTIK: Design Code Ma	aterial	1 2 3 - A -			×
System System Information Syste	Animator	SNIP 52.101-2003 (2004) (RU) Number: 1 Titler Type: (SP 52-101-2003) Stam Properties Strength	B 25 (5P 52-101-2003) dard Concrete ▼ Classific Bedding	ation: 25 👻 Kind of Cements		•	
Konstanting States (Section Section Secti	Loadcase Loo Office Articles From Loadcases System	General properties Soft weight: Censity: Temperature coeff.: Elostic modulus: Stear modulus: Compression modulus:	V 25.0 P 2400 D 1.000e-05 E 3.000e+04 P 0.000 G 1.250e+04 K 1.667e+04	Advanced >> [getwin] [getwin] [kg]			
	Project: User: Accessed: Code Project Node	Stress-Strain Curves	Property Sets 11	nermai Properties	Youps	OK Conce Help	¢y Update ×
🗄 🕞 🚼 Animator							

Рис. 19. Вибір матеріалу конструкції

**П.2.** Запускаємо графічний модуль SOFiPLUS (рис. 20), 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. 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 Туре записуємо ім'я, вказуємо розміри поперечного перерізу (рис. 22, рис. 23).



Рис. 22. Вибір поперечного перерізу елементів (ригель)

N. BR 2 2 H	· # • •	SOFIPLUS-X.2016 Rama p.dwg	
Home Insert /	Annotate Parametric View 🛤 •		
/ _> O ( Ture Trayline Sugar 1	SOFISTIK: Rectangle Cross Section No: 2		
Draw +	Saction Title: Social Material: 18 25 (SP 62:101:2003) Height: [n] Height: [n] Kotok [n] Factor loc Tanicolal moment Vy Factor loc shoar dolomation Title Factor loc shoar Habitary Title Factor loc shoar Habitary	Behrf arcoment.       2.4.400 (SP 52-101-2003)       P         Stimup motorial       2.4.400 (SP 52-101-2003)       P         Type of reinf arcoment.       asymetric with instance wi	Cipboard 
	Sectional Values >>	DK	Cancel Heb
Model Loyouti Ia	9002/ +	II × ≺ Ize + Type a comond . MODEL III = ↓ L G + ↓ +	<u>2 四 - 泉文大 11 - 0 - 十 1</u> 10 回 三

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 Туре вибираємо Centric Beam (балочні елементи), вибираємо переріз (рис. 24, рис. 25).



Рис. 24. Призначення жорсткості елементам ферми (ригель)

Bernin Cade       Bernin       Bernin       Bernin Cade		÷ • • • •		SOFIPLUS-X 2016	Rama p.dwg				e x.
General       Dem/Role       Basen Hings:       Support Condons:       Bedding:       Lower Abover Wall       Dem/Role       Consistence         Ho Cross Sections       General Constructions of Projections *       General Constructions       General Constructions       Bedding:       Constructions       Constructions       Constructions       Constructions       Constructions       Constructions	Home losed	Annotate Parametric View 🗖							
Benent Type Consistents Consi	General Beam/Cable	Beam Hinges Support Conditions Bed	Ing Lower/Upper Wal Interface Elemen	nts Loads	- <b>.</b>	🕘 🛄 Ester	- <b>*</b> *		
bornes Section     Serie Issee     for intro     Construction     Con	Element Type	Cross Sections		a .		byLey	• •		
Control Deam     Per Vergenties = 0 Groups = Utilities =     Deams Elements     Second Deams Produce     Addronals meeting     Sold State of elements	C No Cross Section	Start None		• •			- EN		
Constraint liem ar Pie Constraint in automatic state and and allies Constraint in a set of the set	Centric Beam	End None			Block +	Properties 🕶	- Groups +	Utilities - C	lipboard
As Cree Sector     Bure Profile     Ment     Bure Profile     Subclard area redependent method     Gordstands method     Gordstands method     Gordstands method     Gordstand area for General     Subclard area redependent method     Gordstand area for General     Subclard area for General     Ment	C Excentric Beam or Pile	Variable Bedding							
As Cross Section     FE Mach Nethod     Advansion meeting     Advansion meeting     Generate one demont     Generate one demont     Generate one demont     Generate one demont     Hore     Modly     Gory     Dedee     Export     Brow interpolated avelage     Sef Sec on, double clack curves     Sef Sec on, double clack     Second curves     Set Second curves     Second curves     Sef Sec Second curves     Sef Sec Curves     Sef Sec Second cur	Cable Element	Bore Profile	None	- ID					
Advanced: meeting     Subschuld area independent meeting     Subschuld area independent meding     Generate one determent     Generate     Generate one determent     Generate     Generate one determent     Generate     G	As Cross Section	FE Mesh Method	Contrast of the			X			- a ×
Studing area independent meshing   Generate one denort   For true dements and cables the mesh method "Generate one element of   Por crossing cables the mesh method "Generate one element of   Image: Constraint Line to Point   Provieties called applicate   Statisticate Canadit   Constraint Line to Point   Constraint Line to Point   Constraint Line to Point   Constraint Line to Point   Statisticate Canadit   Constraint Line to Point   Constraint Line to Point   Statisticate Canadit   Statisticate Canadi		Automatic meshing	SUPISITIE Cross Sections						N
Generate one demont     Generate     Generate one demont     Generate one demont     Generate     Generate one demont     Generate     Generate one demont     Generate     Gene		Structural area independent meshing	Ni Name					<u> </u>	
Contrained on the elements and cables the mesh method "Generate one element" of Por coastro cables the mesh method "Generate one element" of Por coastro cables the mesh method "Generate one element" of Por coastro cables the mesh method "Generate one element" of Por coastro cables the mesh method "Generate one element" of Por coastro cables the mesh method "Generate one element" of Por coastro cables the mesh method "Generate one element" of Por coastro cables the mesh method "Generate one element" of Por coastro cables the mesh method "Generate one element" of Por coastro cables the mesh method "Generate one element" of Por coastro cables the mesh method "Generate one element" of Por disease type Por disease type		Generate one element	1 Figel		<u> </u>			W T	OF E
Constant Line to Point     Constant Line to Point     Constant Line to Point     Area     Wel     Area     Wel     Area     Now     Modily     Copy     Delete     Export     Brow interclated audions     Tot     Command:     Soft acc	8 9 8 3 3 3	1 selected						Vac B V	SURING
Constant Line to Point Constant Line Constant	🕺 🕅 🕺 🕺 🕃 🚑 Unk Une to Point	1 selected							
Image: Set in the set of	Constraint Line to	Point							
Normands         Split         Split         Whom         Split	Wal		1 C 1 C 1 C 1 C 1 C 1 C 1 C 1 C 1 C 1 C						50
Attribute Area     Attribut	Doening		Modry	Lopy	Delete Expolt				
Find and Allign	Attribute Area	10 B	Show interpolated sections	OK	Cancel Beb				
M. Find Benenits     Align Clements       Add point on area edge     Image: Add point on area edge       Image: Add point on area edge     Image: Add point on area edge	Find and Allign				- 10 - 1				
<sup>th</sup> Adgrothments <sup>th</sup> Adgrothments or [ <sup>th</sup> Adgro	M. Find Elements								
Command:     Comma	Aign Elements								
Command's control double_click_curves Command's control double_click_c	Edit Structural Areas								
Subtract     Add point on area edge     Remove point from area edge     Select elements or [     enter Number]:	El Splt				command: sof se on double click	-curves			
	40 Uhion		12	í í	5 -				
Aud portion area edge     Constraints on [	SUDTACC	2			SOF_SE_ON_DOUBLE_CLIC	CURVES			
enter winder];	<ul> <li>Auto point on area ed;</li> <li>Remove point from ar</li> </ul>	ea etice	×	X 4	Select elements or [				
Model Lavouri +	Model Lavouti	Lavout2		and the second s	MODEL IN COL	PERSONAL PROPERTY.	<b>B B 1 1 1</b>		-

#### 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 направлення, в яких накладаємо зв'язки: ліва опора – шарнірно

нерухома – РХХ та РҮҮ; права – шарнірно рухома – РҮҮ; жорстке закріплення – РХХ, РҮҮ та МZZ (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).

	Loadcases									•
Action	Description	Partition	Superposition	y-u y	-1 y-a	ψ-0	ψ-1 ψ-2	8	New	Utilities <del>+</del> C
G Q	dead load variable load	G (Permanent) Q (Variable)	COND conditional	1.10	0.00 1.0	10 1.00 10 0.95	0.95	0.95	Delete	
~		1.54								
										W
										-
										1
										Galdes

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

	SOFIPLUS	-X 2016 Rama p.dvig	
Home Inser Annotate Parametric View P	Dimension → Layer →	Juset C Properties *	ayer • ByLayer •
SocialPLUS 2016 Condenses Condenses Condenses Condenses Condenses Condenses Condenses Condenses Condenses Condenses Condenses Condenses Condenses Condenses Condense Condense Condense Condenses Condenses Condense Condense Condense Condense Condenses Condenses Condense Condense Condenses Co	ZD Wireframe)         me       P=5         dl Cese       2 - P=5         ss       Lead         pc       PG-load in gravity direction         berunce       Automatic         where/Groups       ~         eschor of Projection       Projected in Element (RLEM)         ape of Application       0.000       [m]		- d x w tor e s s cloba Asowa
Model Leyouti Leyouti A	-×	Command sof se Mespointload D- sof se FREPPINILOAD Pick point (endemiderenemadeint text): MODEL	■ · 类 犬 人 14 · 0 · + ② ② 回 三

Рис. 30. Завдання величини зосередженої сили

Розрахункова схема ферми завершена (рис. 31) та готова для експорту в розрахунковий модуль програмного комплексу. Натискаємо на 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  $\rightarrow$  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 B20, жорстко закріплена по чотирьох сторонах.

Навантаження: штамп q = 8 кН/м з розмірами 1х2 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).

	Project					
	Name: D: SPita (primer)				- 6	
rojects	Title:					
New Project	Passing Code					
Open Project	SMIP 52.101-2003 (2004)					
	SMIP - S2181	· RU ··				
Recent File List	Altitude:	0.0 [m] Zones: Wind: 🎹 🔹	Category: B 💌 Snow: IV 💌 S	arthquake: 🛛 💌		
D:\S\Rama p.sofistik	System			Calculation		
🗢 D:\S\Ferma, sofistik	💭 3D Frame	🗇 3D FEA		Orientation of Deadload:	Negative Z-Axis 🔹	
D:\S\P\_5p (arm).sofistik	🐑 2D Frame	🗇 20 Wal		Type of Calculation:	Plane Stress System +	
D:\S\P[_5p.sofistik	🐑 2D Girder System	🤨 20 Slab	20 Prestressed Slab	Module:	ASE	
D:\S\PI (5 p).sofistik	Groups			System preview		
D:\S\PL_p.sofistik	Fixed Group Divisor:	10000			21	
🗢 D: \S \Plastina. sofistik	D Automatic Factor group base	: 10000			· ·	
D:\S\63.sofistk.						
D:\S\51.soflatk	Unit Set: Standard units (m, kN, s	ec with some historic deviations)		and a second		
D:\S\PLsofistk	Language: English				See and see	
D:\S\Yost.sofistik	Baxed Values					
D:\S\KP 350.sofistik	Preprocessing					
	SOFIPLUS(-X) - Graphical Preproc	ssing Trawing U	nits Mesh Genera	ation value (Structural Elements) - F	Manualy (Entra Elementa)	
	Initial Workspace: 20	(m) 🤷 m O	Con Control Sec. 19 Automat	rent for or inter clements)	Contract, Autor Cleanersel	

Рис. 35. Створення нового проекту в SOFiSTiK

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

SDFi5TiK Structural Desktop - (D:V)	S\Flita (primer).sofis	tik 1] - Animator								×
File Loadcase View Selection	Extras SOFISTIK	Windows Help								
D 🕼 🕼 🔍 🕿 🚼 🐌 🖻	) - (" - 🖷 🔳	8-11 **	n - A 💷 🛛 🕾	A	H 🏧 🖬 🏟					
~ 117 Ur 🕐 System 🔹 🐅 '	<b>3 % ₩ </b> 1	¢* テデ テデ �P 🔮 🕀	€€ ♦ ₽ 7	• îa • 💋 🔣	a + <u>1</u> + .					
Project X	Q 2 Animator		at at					he		
System     System Information     System Information     Material     Material	Animation Settin Animation Settin Aniphude Speet Rotation Speet Loadcase Loop © Off Automatic From Loadcases System	Image         0.00 [1]           SP         0.00 [1]           Image         10 [1]           Image         10 [1]			Currently	no sys	tem available	sor	ISTIK	
	Geometry	Loeds								 4 <sub>7</sub> Update ×
	Project:									^
	User:	A								=
	Accessed:	SNID 52101	A							
				Larry II		-				×
E Animator	Project Nodes	Beams Trusses (	ables Structural Lines	Elements	Solid Elements	Springs	Groups			

#### 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 закладі Structural Elements виберемо Line, в вікні Structural Line вибираємо закладку Support Conditions та вказуємо направлення, 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  $\rightarrow$  Linear Analysis, чекаємо поки завершиться розрахунок (рис. 45).

File Loadcase View Selectio	n Extras SOFISTiK Windows Help		
D 🚅 💋 🔍 🔤 🖹 🛼	독 🖽 🖃 😽 - 😻 🐳 🕁 🖪 - 쇼 🕮 🗊	19] A 🖷 🔍 H 🖂 🗋 💌	
~ Uf U- O 10-8 * 8	▶ ■ ● ● ◎ デデデャック ◆ Q 및 🚺 🖩	ि T + 16 + 🖉 👿 🕘 + 🛓 -	
Project 3	S P Animator		
<ul> <li>System</li> <li>System Information</li> <li>Moterials</li> <li>I B 20 (SP 52-101)</li> <li>Cross Sections</li> <li>Interpolated sections</li> <li>SOFIPLUS(-X): GUI for</li> <li>Cores Sections</li> <li>Incer Analysis</li> <li>Incer Analysis</li> <li>Design Area Dements</li> <li>Design ULS - area ele</li> </ul>	Animation Settings		SOFISTIK
	Commetry		← Update ×
	Project:         A           User:         A           Accessed:         Mr 27, won 1948:33 2017, A           Code:         SNIP 52101		-
	Project Nodes Bearrs Trusses Cables Structural	Lines Elements Solid Elements Springs Groups	13

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 bxh=600x600 мм;
- ригелі: bxh=300x400 мм., та b<sub>1</sub>xh<sub>1</sub>=200x400 мм



#### СХЕМАКОЛОННИ РИГЕЛЕЙ НА ОТМ.0,000

Рис.46. Схема колон та ригелів на відмітці 0.000



Рис.47. Схема колон та ригелів на відмітці 4.000



СХЕМА КОЛОНН И РИГЕЛЕЙ НА ОТМ.+7,500

Рис.48. Схема колон та ригелів на відмітці 7.500

СХЕМА КОЛОНН 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	Нормативне навантаження, кН/м <sup>2</sup>	Коефіцієнт надійності по навантаженню, $\gamma_{fm}$	Розрахункове навантаження, кН/м <sup>2</sup>
<ol> <li>1. Гідроізоляція (t= 0,005, ρ=15кH/м3)</li> </ol>	0,055	1,2	0,066
2. Рулонна покрівля (h=0,005 , ρ=11кН/м3)	0,055	1,2	0,066
<ol> <li>З. Цементно- піщана стяжка (h=0,07, ρ=25кH/м3)</li> </ol>	1,75	1,2	2,1
4.Термоізоляція (h=0,08 , ρ=4кH/м3)	0,32	1,2	0,384
5. Пароізоляція (h=0,001, ρ=10кH/м3)	0,01	1,2	0,012
Всього	2,245		2,628
Тимчасове снігове	5	1,4	7

Навантаження на 1 м<sup>2</sup> покриття

Навантаження	Нормативне навантаження, кН/м <sup>2</sup>	Коефіцієнт надійності по навантаженню, $\gamma_{fm}$	Розрахункове навантаження, кН/м <sup>2</sup>
1. Ламінат (t= 0,01, ρ=8кН/м3)	0,08	1,2	0,096
2. Підкладка (h=0,002 , ρ=10кН/м3)	0,02	1,2	0,024
3. Пароізоляція (h=0,001 , ρ=10кН/м3)	0,01	1,2	0,012
<ul><li>4. Бетонна стяжка</li><li>(h=0,02, ρ=20кH/м3)</li></ul>	0,4	1,1	0,44
Всього	0,51		0,572
Тимчасове корисне	1,5	1,4	2,1
Всього на 1 м <sup>2</sup>	2,01		2,672

# Навантаження на 1 м<sup>2</sup> перекриття

## Алгоритм створення моделі поверху в програмному комплексі SOFiSTiK.

- 1. Вибираємо необхідні матеріали в модулі SSD програмного комплексу SOFiSTiK.
- 2. Задаємо попеперечні розміри ригелів та колон в модулі поперечних перетинів.
- 3. Створюємо модель поверху в SOFiPLUS.
- 4. Виконуємо розрахунок.
  - **П.1.** Запускаємо SOFiSTiK та створюємо новий проект (рис. 51).

Ulara ChECTUP Della		
	Project	
The she we say the state	Name: D:\\$\Zdame	- 2
	Tide:	
Projects	Design Code	
	SNOP 52, 101-2003 (2004)	
I New Project	SNP - 52101 - PU -	
Gpen Project	Altitude: 0.0 [m] Zones: Wind: III 🔹 Category: 🖪 🔹 Snow: [1]	/ 💌 Earthquake: 7 💌
Pacant Ella i Ist	System	Celculation
neteni rile List	🕐 3D Frane 🔮 3D FEA	Orientation of Deadload: Negative Z-Axis
<ul> <li>D.D.MTC.20420K</li> </ul>	C 2D Frame C 2D Wall	Type of Calculation: Plane Stress System *
D: RAMA.sofistik	🗇 20 Girder System 🍈 20 Slab 💮 20 Prestressed Slab	Module:
C:\Lisers\budmeh_2\Documents\607p.	Graps	System preview
C:\Users\budmeh_2\Documents\Drawing	Fixed Group Divisor: 10000	
C:\Users\budmeh_2\Desktop\ rutective	Automatic Factor group base: 10000	
C:\Users\budmeh_2\Desktop\bogdan.s		
C:\Users\budmeh_2\Desktop\1.sofistk	Unit Set: Standard units (m, kN, sec with some historic deviations)	
C:\Lisers\butmeh_2\Desktop\SOFGTiK\	Language: English	
C:\Users\budmeh_2\Desktop\Fepvanor	Boxed Values	
D: RAMA.sofistik	Preprocessing	
C V key burnet 20 proget	SCRIPLUS(-X) - Graphical Preprocessing	n
Coll temple deals - The and - Star	Initial Workspace: 20 [m] O m O cm O mm @ Unit Set @ Automatical	ly (Structural Elements) 💮 Menually (Finite Elements)
<ul> <li>Universiptionen_2tioocuments(s0 7 p.</li> </ul>		
C-V Kerciturimeh 2/Decuments/Drawin		Cik Cancel Help

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 подвійній клік лівою кнопкою миші на строчці з матеріалом (В 20). У відчиненому вікні вибрати Classification 20 (рис. 52).

SOFISTIK Structural Desktop - [D]	SCRISTIC Design Tote Material	
🚼 File Loadcase View Seloci		- 8 2
D 🖬 💋 🔍 🗃 🐩 🧏	SKUP 52. 101-2003 (2004) (RL)	
~ He Hr O System . 9	Number: 1 Title: 8 20 (SP 52-101-2003)	
Project X	Type: (SP 52-103-2003) Standard Concrete  Classification: 20  Vind of Cement:	
System Information     Weterula     Meterula     LE 20 (SP 52-101     Cross Sections     Interpoleted sections     Software Analysis     Uinear Analysis	Proceties         Strength         Becking           General properties         Advenuend>>           Suffwaght:         ν         25:0           Suffwaght:         ρ         2:00           Temporture coeff::         a         1.000e-05           Basic modulas:         E         2.700e+04           Passon ratio:         μ         0.200	OFISTIK
4 Superpositioning ≠ Design Area lisments <sup>1</sup> ∰ Design parameters of Sign Design ULS - area ele	Stream Roduka:     G     1,140+104     [44*0]       Compression modulus:     K     1,120+104     [44*0]       Stream-Strain Durves     Property Sets     Thermal Properties         OK     Cancel     Help	
	K cometry M Look & Reads	49 Update ×
	Project:	1
	User: Duckmen_z	Ŧ
	Code: SNIP 52101	
	Project Nodes Beams Trusses Cables Structural-Lines Benents Solid Benents Springs Groups	

Рис. 52. Вибір матеріалу конструкції

Аналогічно вибираємо клас арматури.

**П.3.** Запускаємо графічний модуль SOFiPLUS (рис. 53), 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. 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 Туре записуємо ім'я, вказуємо розміри поперечного перерізу (рис. 55-56).

ten Zauser + Statistication	fine]			- 82 H H
Create Bellow     To NATION     TO NATI	Souther Table 2000     Souther Table 2000       Souther Table 2000     Souther Table 2000       Margor 1     Souther Table 2000       Margor 101     Sou	Nacional Antophyliology (1998)		er Benederling Benederling
	[SectoralVides 11]		Dt. Carvel Mate	

Рис. 55. Вибір поперечного перерізу елементів (ригель)

Ban - Male - Ban - Male - Ban - District - Constant - District - Constant - District - Present -	Anodese + Brd +	En la su mana anti- su su s	and a second sec	- <i>0</i> H
<ul> <li>Terminational Activity of the second s</li></ul>	SOCETIC Recording Constraint Not 3 Section Tale Note: 1 Section Tale Not	Number         Los ADD/T © X1-XXX		
	(second cave ( ))		06. Cevel Hito	

Рис. 56. Вибір поперечного перерізу елементів (ригель)

Dour Turner Construction Constr	Arrentezer. + Rest. +	T and the second	and and a second secon	e 6 8 8
Constraint data     The second s	SOFESSIC Revenues Creati Section Neir     1       Section Tele     Labora       Warrand     Tele Suppre Suit of SUSS       Predict (x)     0.000       Works Internationality     1       Virgit (x)     0.000       Virgit (x)     0.000	Memory     10.60(39.5300.000)     1       "Stronomizet     1.60(39.5300.000)     1       "Toda visiossent     1.60(39.5300.000)     1       "Toda visiossent     manature discussent     1       "Toda visiossent     1     1       "Toda visiossent entrome"     1     1       "Toda visiosent entrome"     1     1 <td></td> <td></td>		
Y X	(Sectoral Volume 1))	M <sup>+</sup> by a recent	CA Grost Nee	

Рис. 57. Вибір поперечного перерізу елементів (колона)

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 створенній 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 Туре 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 згіднго архітектурних планів

¥	tostos sun sinaraj	
Dave Fried Associate		Capacitant
	- Kater Ver 13 Weber	- 0 S
Stants and Holds Claim Scherit Scher		NET COLOR
े former part fires are able <b>Partereting</b> े (M. Dendo to Represe)	Immerial         Mexicology         Securit constants         modify           Or Son Securities         Securities         Securities         Securities           Securities         Securities         Securities         Securities           Securities         Securities         Securities         Securities	
	u) be train deren an dariet in eine Stevelle werden der standen der sammehold.	

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.)

Image: State of the state o	
Object 2000, American Control (Control (American Control	5, an B/B
Cardia Cardia Marcina Cardia III Antal III Antal IIII Antal III Antal IIII Antal IIII Antal III Antal III Antal III Antal	
L'une contract L'une font	Mat 3
A Gransestar bran A Gransestar	
Refeat/Adu	
KAR Attraction & Armon	
Annone port for any edge      Annone po	
Under 1         Oracle         Anne         ILI B 30 OD 55:315:3000*           Image: Inclusion of the Control of the Cont	

Рис.65. Завдання товщини плити перекриття



Рис.66. Завдання контуру плити перекриття подвалу

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  $q_{sobs.ves}$ .

ŵ.	Title	Action	Factor of dead weight	¥	-u y	-f 1	y-a	ψ-0	ψ-1	ψ-2		New
1 1	q sobst.ves	G dead load		1.10	1.10	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00		Conv
2 1	qlpost	G dead load		1.00	1.10	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00		
3 1	q1vrem	Q variable load		1.00	1.20	0.00	1.00	0.95	0.95	0.95		Delete
4 1	q2post	G dead load		1.00	1.10	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00		
5 .	q2sneg	Q variable load		1.00	1.20	0.00	1.00	0.95	0.95	0.95		

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<sub>1post</sub>



Рис. 69. Завдання розподіленого навантаження q<sub>1vrem</sub>

Для завдання опорних закріплень в закладі Structural Elements виберемо Point, в вікні Structural Point вибираємо закладку Support Conditions та вказуємо направлення, 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 плити перекриття другого поверху



Рис.78. Схема завантаження плити перекриття 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».

💡 File Loadcase View Selection E	xtras SOFISTIK Windows Help		- 8 ×
0 📽 🕼 🛍 🐮 💺 🤊 - (	🖣 🗆 🖻 🧏 - 19 ¥ 😁 🕨 - 8 🔍 👌 🗂	● ● ●   H ∞   ■	
~ 11 H- 🕐 3qivi 🔹 🥐 🦜	SOFISTIK: Superposition manager		
Project     X       • System     X       Waterials     Materials       · I B 20 (SP 52:101     X       · Z A00 (SP 52:101     X       · T I Kolone     X       · Z Rigel     X       · Z Rigel     X       · S OFPLUS-X9 (GU) for     Y       · Define Combinations     X       · Linear Analysis     Superpositioning       · Design Area Elements     I       · Design parameters of     X       Design ULS - area ele     X	Combination Rules Superposition Commands	Combinition Rule Number 100 Name 100 Name 100 Name 100 Name 100 Name 2004ertal combin. Superposition Kind Utimate Decign combination Utimate Decign combination Utimate Decign combination Type of neuking loadcases Utimate Decign combination Compared Internation Utimate Decign combination Compared Internation Compared Intern	ISOFISTIK
Pro- Us Ad Ca	— manually created or modified Superposition according to SNIP 52 101-2003 (2004)	Inset new dement Combination Rule Action Loodcase	4j Update X
Proj	ect Nodes Beams Trusses Cables Structura Lines	Elements Solid Elements Springs Groups	
( (unit 90			

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)

Image: Solution of the solution	File Loadcase View Selector	Ettin SOF	offic Winds	own Help							- 8
We Her Compared as close in the compared as	0 🚅 🗊 🗟 🖬 🖹 🖥 🤊	- 0 - 81	18 😹	- 58 😼	÷ B •	8 9 0 2	日間見	H 🚾 🗓 🕴	1		
Project       ×         * System       System information         * Moticials       *         * System information       *         * Cores Sections       *         * Specific Calculate Task:       *         * Cores Sections       *         * Specific Calculate Task:       *         * Cores Sections       *         * Specific Calculate Task:       *         * Specific Calculate Task:       *         * Specific Calculate Task:       *         * Cores Sections       *         * Specific Calculate Task:       *         * Specific Calculate	~ 1/ 1/ O System - 🐕 -	• 18 16 E	i ç≈ q* q	***		R. 🔊 🐨 🗸 🔹	t 🗖	-1-6			
Project         #2 Loods         Lip Results         4-9 Lipdale         >           Vier         budmeh_2	Project × System Information Materials Materials Materials A Materials A Materials A Materials A Adou (SP 52-101 Cross Sections T 2 Royel T 3 Royel 1 Interpolated sections X SOFPLUSY.Vin GUITor Delign Area Bements Design Area Bements Design Area Bements Design Public Area ele	Arimation Settle Anglitude Speec Rotation Speece Rotation Spee	IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII	SOU Tesk	System System System Sorie	Information terials sections US(-XX) OUI for Mo Combinations terpositioning ign parameters of	del Crestion	Status not executable × needs calc not executable not executable × needs calc × needs calc × needs calc × needs calc CK	Select Unselec Turn Sele Up to Sele From Sele	33 All sAl cCCOD e	ISOFISTIK
		Geometry J Project Useri Accessed:	budmeh_2	<sup>4</sup> Results 09:58:37.20	l8, budme	h_2		•			4 <sub>9</sub> Update 3

Рис. 86. Панель вибору розрахунків

D 📽 🛃 🔍 🖬 🐮 🚡 🤊 + 1 ∼ ዛዛ ዛ士 🕐 ઉαίν → 👎 🦜 (		) E S . H	
oject X 5 System Information Waterials Materials Cross Sections Cross Sections Cross Sections Cross Sections Cross Sections Sec	Content Super Distort Manager Content Rules Super position Commands Content Rules Super position Commands Content Rules Release contention Good Content Rules Rules Content Rules Content Rules Rules Rules Rules Rules Rules Rules Content Rules Rules Rules Rules Rules Rules Rules Content Rules Ru	Combinition Rule       Number     100       Name     100       Utmate ecodercal combin.       Superposition Nind       Utmate acodercal combin.       Superposition Nind       Utmate acodercal combin.       Superposition Nind       Utmate acodercal combin.       Superposition Nind       Utmate acoder combination       Utmate Bedgement different to superposition kind       Type of resulting loadcases       Utimate Design combination       Utimate Design combination <th>I SOFISTIK</th>	I SOFISTIK
18 Pri Us Ac	manually orested or modified Superposition according to SNIP 52 101-2003 (2004)	Inset new element	€y Update x

Рис. 87. Розрахунок просторової рами

Щоб сформувати звіт розрахунку, натискаємо 🕒 🕇.







Таблиця 6.1

Вихідні данні для розрахунку металевої ферми

Варіант	Перша	цифра	Друга цифра	Третя цифра
	L, м	h, м	Р, 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

<u>h</u> 2

Вихідні данні для розрахунку залізобетонної рами

									1	
Варіант			Перша	. цифра	l		Дру	уга	Третя	цифра
_			-				циф	opa	_	
	l,	h,	b <sub>p</sub> ,	h <sub>p</sub> ,	b <sub>c</sub>	h <sub>c</sub>	q,	F,	Розр.	Клас
	М	М	СМ	СМ	СМ	СМ.	кН/м	κН	схема	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



Таблиця 6.3

Варіант	Γ	Іерша цифр	a	Друга цифра	Третя	цифра
	l,	b,	h,	q,	Розр.	Клас
	М	М	Μ	к <del>П</del> /м	схема	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

# Вихідні данні для розрахунку пластини



# 7. Вихідні данні до розрахунку просторової рами

No		Табли	ця 1	Таблиця 2					
П/П	Розміри	Висота	Сітка	Кількість	Колон	а, см	Риге	ль, см	Товщина
	будівлі, м	поверху, м	колон, м	поверхів	b <sub>ĸ</sub>	h <sub>ĸ</sub>	b <sub>p</sub>	h <sub>p</sub>	плити, см
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
10	24v18	3.0	6v3	3	30	30	30	<u> </u>	20
20	15-12	2.5	26	5	50	50	50	45	15
20	15X12	3.3	380	4	50	50	50	03	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.

 Письмак А.В. Расчёт пролётных строений железобетонных и металлических мостов по предельным состояниям І 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 (CABD) / А.П. Яшанов, А.А. Антонюк. — С.-Петербург: ПСС, 2015. — 64 с.