

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

СИСТЕМИ
АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ
В БУДІВНИЦТВІ

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2015

УДК 681.3.06:69
ББК 32.972:38
С40

Автори:

Моргун А. С., Андрухов В. М., Сорока М. М., Меть І. М.

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки "Будівництво". Лист № 1/11–11552 від 15.07.2013 р.

Рецензенти:

О. Ф. Яременко, доктор технічних наук, професор

М. Ф. Друкований, доктор технічних наук, професор

І. О. Сивак, доктор технічних наук, професор

Системи автоматизованого проектування в будівництві : навчальний посібник / [А. С. Моргун, В. М. Андрухов, М. М. Сорока, І. М. Меть.] – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 129 с.

ISBN 978-966-641-637-0

В навчальному посібнику на сучасному рівні викладено принципи, методи та фундаментальні основи систем автоматизованого проектування в будівництві. Запропоновано конструктивні стратегії розробки скінченно-елементних моделей будівельних споруд, розглянуто особливості і стиль цього процесу, методи дослідження та шляхи їх удосконалення. Наведено приклад розрахунку поперечника промислової будівлі за допомогою ПК ЛІРА–САПР.

Посібник призначений для студентів вищих технічних закладів, фахівців у галузі механіки суцільних середовищ, будівельної механіки, систем автоматизованого проектування.

УДК 681.3.06:69
ББК 32.972:38

ISBN 978-966-641-637-0

© А. Моргун, В. Андрухов, М. Сорока, І. Меть, 2015

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ЕОМ.....	8
1.1 Місце операційної системи Windows серед інших програмних засобів.....	9
1.2 Операційна система як віртуальна машина.....	10
1.3 Операційна система як менеджер ресурсів	10
1.4 Операційна система як захисник користувачів і програм	11
1.5 Операційна система як постійно функціонуюче ядро.....	11
1.6 Багатопроцесорна обробка	12
2 ВАРІАЦІЙНІ ПРИНЦИПИ ЯК ОСНОВА МСЕ	15
2.1 Методи визначення напружено-деформованого стану конструкцій.....	15
2.2 Основні положення МСЕ	16
2.3 Компонування фізичних рівнянь.....	27
Запитання для самоконтролю	29
3 ЗАГАЛЬНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ САПР В БУДІВНИЦТВІ	30
3.1 Державна нормативна база з розробки проектної документації для будівництва	30
3.2 Практичні аспекти розробки проектної документації.....	33
3.3 Аналіз рівня автоматизації виконання проектних робіт в будівництві.....	37
3.4 ВІМ-технології, історія розвитку, сучасний стан	39
3.5 Методологія проектної роботи на основі інформаційної моделі будівлі	42
3.6 Основні принципи, покладені в основу комплексної вітчизняної автоматизованої технології проектування об'єктів і супроводу будівництва	44
3.7 Уніфікована цифрова модель об'єкта як основа функціонування вітчизняної системи комплексного автоматизованого проектування	
КАЛИПСО	47
3.8 Базові програми САПР в будівництві	50
3.8.1 ПК ЛІРА–САПР.	50
3.8.2 ПК МОНОМАХ–САПР.....	52
3.8.3 ПК САПФІР.....	54
3.8.4 ЭСПРИ.....	55
3.8.5 СОН.....	56

3.9 Програмний комплекс ЛІРА–САПР	58
3.9.1 Опис документів.....	58
3.9.2 Ознака схеми.....	61
3.9.3 Розрахункові сполучення зусиль (РСЗ). Види навантажень	62
3.9.4 Армування пластинчастих елементів.....	65
4 КОМПОНУВАННЯ КАРКАСУ БУДІВЛІ	70
4.1 Компонування поперечної рами будівлі.....	71
4.2 Розрахункова схема каркасу будівлі для статичних та конструкторських розрахунків в ПК ЛІРА–САПР	79
4.3 Визначення величин зовнішніх навантажень	81
4.3.1 Загальні дані.....	81
4.3.2 Постійні навантаження	82
4.3.2.1 Завантаження рами вагою елементів колон.	82
4.3.2.2 Завантаження рами вагою елементів кроквяної конструкції.	83
4.3.2.3 Завантаження рами власною вагою підкранової балки	84
4.3.2.4 Завантаження рами вагою елементів покрівлі	85
4.3.2.5 Завантаження рами вагою стінових панелей	86
4.3.3 Змінні навантаження	89
4.3.3.1 Навантаження від снігу	89
4.3.3.2 Вертикальні кранові навантаження.....	93
4.3.3.3 Горизонтальні кранові навантаження	94
4.3.3.4 Модальний аналіз.....	97
4.3.3.5 Визначення величин вітрового навантаження	98
4.4 Аналіз НДС розрахункової схеми	100
4.5 Конструювання елементів каркаса.....	101
Запитання для самоконтролю	102
5 РОЗРАХУНОК НА СЕЙСМІЧНІ ВПЛИВИ	103
5.1 Вихідні дані для розрахунку	103
5.2 Визначення навантажень на раму.....	104
5.3 Формування вихідних даних у ПК ЛІРА–САПР	106
5.4 Виконання статичного та динамічного розрахунку	111
5.5 Розрахунок армування елементів рами.....	114
Додаток А	116
Додаток Б	117
ЛІТЕРАТУРА	119
Глосарій.....	127

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АБК	– архітектурно-будівельний програмний комплекс
АСУБ	– автоматизовані системи управління будівельним комплексом
АСУВ	– автоматизовані системи управління виробництвом
ГАП	– головний архітектор проекту
ГП	– головний інженер проекту
ДБН	– державні будівельні норми України.
ДНДІ АСБ	– державний науково-дослідний інститут автоматизованих систем в будівництві
ЕОМ	– електронно-обчислювальна машина
ПК	– програмний комплекс
ІТЛП	– інтегрована технологічна лінія проектування
КАЛІПСО	– комплексна автоматизована лінія інтегрованого проектування будівельних об'єктів
САПР	– (система автоматизованого проектування) – комп'ютерна система обробки інформації, що призначена для автоматизованого проектування, розроблення і виготовлення кінцевого продукту, а також оформлення конструкторської та технологічної документації. САПР складається з програмного, математичного, технічного, інформаційного, лінгвістичного, методичного та організаційного забезпечення і є більш ширшим поняттям, ніж САД, оскільки включає компоненти САД, САМ і САЕ
СУБД	– системи управління базами даних
УВР	– укрупнений вид робіт
УЦМО	– уніфікована цифрова модель об'єкта. 3D – тривимірний простір (в проекті – робота з врахуванням 3-ох осей координат).
ВІМ	– (англ. Building Information Modeling або Building Information Model) – інформаційне моделювання будівель або інформаційна модель будівлі
САД	– (англ. Computer-aided design) – система автоматизованого проектування, а також оформлення конструкторської та технологічної документації
САЕ	– (англ. Computer-aided engineering) – загальна назва для програм або програмних пакетів, призначених для інженерних розрахунків, аналізу і симуляції фізичних процесів. Розрахункова частина пакетів найчастіше базується на чисельних методах рішення диференціальних рівнянь
САМ	– (англ. Computer-aided manufacturing) – автоматизована система технологічної підготовки виробництва, орієнтована на використання ЕОМ. Під терміном розуміються як сам процес комп'ютеризованої підготовки виробництва, так і програмно-обчислювальні комплекси, використовувані інженерами-

технологами (англ. Computer-aided manufacturing) – автоматизована система технологічної підготовки виробництва, орієнтована на використання ЕОМ. Під терміном розуміються як сам процес комп'ютеризованої підготовки виробництва, так і програмно-обчислювальні комплекси, використовувані інженерами-технологами

- CPC – (англ. Collaborative Product Commerce) – технологія інтеграції інформаційного простору, в якому працюють САПР
- CPD – (англ. Collaborative Product Development) – концепція сумісної роботи над проектом
- IFC – (англ. Industry Foundation Classes) – формат даних, призначений для обміну модельної інформації BIM-об'єктів між собою та з іншими програмами
- ISO – з англ. (International Organization for Standardization) – Міжнародна Організація зі Стандартизації.
- ISO NBIMS – (англ. National Building Information Model Standard) – національний стандарт США з інформаційного моделювання будівель
- PDM (англ. Product Data Management) – управління даними проекту
- RDM – (англ. Remote Device Management) – протокол, що реалізовує 2-сторонній зв'язок проектувальника і об'єкта проектування та управління проектом
- VPDM – (англ. Virtual Product Data Management) – віртуальне управління даними проекту

ВСТУП

Під впливом науково-технічної революції розширюється область практичного застосування математичних числових методів та ЕОМ в процесах вирішення задач будівельної галузі.

В сучасному будівництві САПР займають одне із провідних місць в роботі інженера-будівельника. Необхідність приймати рішення з питань міцності, економічності, безпеки життєдіяльності, доцільності того чи іншого конструктивного варіанта при зростаючих обсягах будівельної інформації змушує інженерів-будівельників звертатись до ЕОМ та сучасних інформаційних технологій.

Саме тому все більше і більше уваги як в теоретичному, так і в практичному плані приділяється питанню розробки інструментальних засобів, методик і технологічних комплексів, що прискорюють процес будівельного проектування. Проблеми моделювання реальних фізичних процесів (в даному випадку інженерний аналіз – зміни НДС надземних та підземних будівельних конструкцій) є специфікою використання в будівельній області відповідного математичного апарату.

Кількість програмних засобів, які використовують при проектуванні дуже велика. Для міцнісного аналізу конструкцій будівельних споруд в Україні популярні ЛІРА–САПР та SCAD. Ці системи стали світовим стандартом для систем базового рівня. До них підключаються каталоги профілів та матеріалів, які використовуються в будівництві. До складу інтегрованої системи ЛІРА–САПР та SCAD входять об'єктна орієнтовані програми для перевірки елементів конструкцій на відповідність вимогам норм проектування (СНиП, СП, ГОСТ, ДБН, Єврокоди) із зручним інтерфейсом.

Використовуючи числові методи для опису фізичних явищ, ми вимушені задовольнятися лише деяким наближенням до дійсності (моделюванням). В роботі розглянуто такі фізичні процеси як зміна під навантаженням напружено-деформованого стану будівельних конструкцій, які адекватно описуються варіаційним обчисленням. Розв'язання розрахункових рівнянь виконується з використанням МСЕ.

Проектувальники в посібнику можуть знайти корисний для себе матеріал. Автори зробили спробу вселити читачу оптимізм в його бажанні зрозуміти основи автоматизованого розрахунку та проектування будівельних конструкцій.

1 АНАЛІЗ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ЕОМ

САПР – це комплекс, що складається з апаратної та програмної частини, який забезпечує створення, обробку, зберігання, корегування та виведення інформаційного поля (бази даних) щодо об'єкта проектування в формі та змісті, який відповідає вимогам проектної документації.

Проектування – це процес збирання, аналізу та перероблення інформації. Інформація з її початкової форми (вхідні та довідкові дані, матеріал, навантаження, відомості про аналогічні об'єкти, будівельні норми і правила) перетворюється у форму проектної документації, яка є особливим різновидом представлення інформації про конкретний будівельний об'єкт.

Тема САПР тісно пов'язана з програмуванням, з такими поняттями, як завантажити, зберегти, впорядкувати і отримувати дані та алгоритми (за означенням – послідовність детермінізованих дій, які приводять до отримання результату).

Для вивчення САПР необхідне ознайомлення з такими питаннями: основні елементи ЕОМ, операційні системи ЕОМ, основи варіаційного числення та числовий метод скінченних елементів (МСЕ).

Персональний комп'ютер (ПК) – це пристрій, що виконує операції введення інформації, оброблення її за певною програмою, зберігання та виведення одержаних результатів у формі, придатній для сприйняття людиною.

Якість комп'ютера характеризується багатьма показниками. Це набір інструкцій (команд), які комп'ютер здатен розуміти і виконувати; швидкість роботи (швидкодія) центрального процесора (ЦП); кількість пристроїв введення – виведення, які можна приєднати до нього одночасно; споживання електроенергії та ін.

Головним показником є швидкодія – кількість операцій, яку ЦП здатен виконати за одиницю часу. Основними елементами ЕОМ є: пристрій введення, центральний процесор, пристрій виведення. Всі ці блоки складаються з окремих дрібніших пристроїв.

Програма, що забезпечує можливість раціонального використання устаткування комп'ютера в зручному для користувача вигляді, називається операційною системою. Операційна система виконує роль посередника при обміні інформацією між програмою і будь-яким із зовнішніх пристроїв комп'ютера. Це виражається в тому, що програмісту пропонується працювати не з самими пристроями ЕОМ та властивими їм складностями і з різноманітним модифікацій, а з логічною моделлю, влаштованою у формі тестового файлу. Тестові файли, що моделюють пристрій, існують у вигляді роздруківки і носять закріплені за ними імена.

1.1 Місце операційної системи Windows серед інших програмних засобів

Будь-яка електронно-обчислювальна машина (ЕОМ) автоматично виконує задані дії у згідно з так званими прикладними програмами, призначення яких може бути найрізноманітнішим – від створення текстів до різноманітних розрахунків.

Ці прикладні програми розробляються програмістами на спеціальній алгоритмічній мові, що близька до природньої, але безпосередньо зовсім не зрозуміла ЕОМ. Для виконання прикладна програма має бути перекладена (трансльована) за допомогою іншої спеціальної програми на машинну мову (так званій двійковий код). Такі програми-перекладачі являють собою інструмент для підготовки програми для ЕОМ.

Крім цих двох видів програм (прикладних та інструментальних) в пам'яті ЕОМ повинен зберігатися комплекс програм, призначених для керування роботою та взаємодією різних складових частин ЕОМ, обміном даних між ними, тестуванням та діагностикою процесів обчислення, іншими специфічними операціями. Усі ці програми утворюють найнижчий рівень інформаційної оболонки апаратних засобів ЕОМ та мають назву операційних систем (ОС). На рис. 1.1 зображена класифікація програмних засобів (software). Потрібно відмітити, що вона не є загальноприйнятою.



Рисунок 1.1 – Загальна класифікація програмних засобів

Умовно комплекс програм операційної системи можна розділити на 3 групи: ядро, оточення, розширення. Ядро – це найнеобхідніша складова ОС, що постійно бере участь в процесах обчислення та знаходиться під час роботи ЕОМ в найбільш доступних ділянках пам'яті, іншими словами є резидентною частиною ОС. До складу оточення належать програми, що формують чи змінюють конфігурацію ЕОМ, керують допоміжними пристроями, забезпечують звичний порядок роботи. Розширення ОС займає проміжне місце між ОС та прикладними системами і може забезпечувати комфортні умови в ОС, покращення інтерфейсу (способу зв'язку з ЕОМ), надавати інші сервісні та корисні послуги.

1.2 Операційна система як віртуальна машина

При розробці ОС широко застосовується абстрагування, що є важливим методом спрощення й дозволяє сконцентруватися на взаємодії високорівневих компонентів системи, ігноруючи деталі їхньої реалізації. У цьому сенсі ОС являє собою інтерфейс між користувачем і комп'ютером.

Архітектура більшості комп'ютерів на рівні машинних команд дуже незручна для використання прикладними програмами. Наприклад, робота з диском припускає знання внутрішнього пристрою його електронного компонента – контролера для уведення команд обертання диска, пошуку й форматування доріжок, читання й записування секторів і т. д. Зрозуміло, що середній програміст не в змозі враховувати всі особливості роботи устаткування (у сучасній термінології – займатися розробкою драйверів пристроїв), а повинен мати просту високорівневу абстракцію, скажімо уявляючи інформаційний простір диска як набір файлів. Файл можна відкривати для читання або записування, використовувати для одержання або скидання інформації, а потім закривати. Це концептуально простіше, ніж піклуватися про деталі переміщення головок дисків або організації роботи мотора. Аналогічно за допомогою простих і ясних абстракцій ховаються від програміста всі непотрібні подробиці організації переривань, роботи таймера, керування пам'яттю й т. д. Більше того, на сучасних обчислювальних комплексах можна створити ілюзію необмеженого розміру оперативної пам'яті й числа процесорів. Всім цим займається операційна система. Таким чином, операційна система уявляється користувачеві віртуальною машиною, з якою простіше мати справу, ніж безпосередньо з устаткуванням комп'ютера [65].

1.3 Операційна система як менеджер ресурсів

Операційна система призначена для керування всіма частинами досить складної архітектури комп'ютера. Уявімо, наприклад, що відбудеться, якщо кілька програм, що працюють на одному комп'ютері, будуть намагатися одночасно здійснювати виведення на принтер. Ми одержали б мішанину рядків і сторінок, виведених різними програмами. Операційна система запобігає такого роду хаосу за рахунок буферизації інформації, призначеної для друку на диску й організації черги на друк. Для багатокористувацьких комп'ютерів необхідність керування ресурсами і їхнього захисту ще більш очевидна. Отже, операційна система, як менеджер ресурсів, здійснює впорядкований і контрольований розподіл процесорів, пам'яті й інших ресурсів між різними програмами.

1.4 Операційна система як захисник користувачів і програм

Якщо обчислювальна система допускає спільну роботу декількох користувачів, то виникає проблема організації їхньої безпечної діяльності. Необхідно забезпечити збереження інформації на диску, щоб ніхто не міг видалити або пошкодити чужі файли. Не можна дозволити програмам одних користувачів довільно втручатися в роботу програм інших користувачів. Потрібно припинити спроби несанкціонованого використання обчислювальної системи. Всю цю діяльність здійснює операційна система як організатор безпечної роботи користувачів та їхніх програм. В системах САПР є необхідним такий варіант співпраці різних користувачів.

1.5 Операційна система як постійно функціонуюче ядро

Нарешті, можна дати й таке означення: операційна система – це програма, що постійно працює на комп'ютері та взаємодіє з усіма прикладними програмами. Здавалося б, це абсолютно правильне означення, але, як ми побачимо далі, у багатьох сучасних операційних системах постійно працює на комп'ютері лише частина операційної системи, що прийнято називати її ядром. Як ми бачимо, існує багато точок зору на те, що таке операційна система. Неможливо дати їй адекватне строге означення. Нам простіше сказати не що є операційна система, а для чого вона потрібна й що вона робить. Існує кілька схем класифікації операційних систем. Нижче наведена класифікація за деякими ознаками з погляду користувача.

За числом одночасно виконуваних завдань операційні системи можна поділити на два класи:

- багатозадачні (Unix, OS/2, Windows);
- однозадачні (MS-DOS).

Багатозадачна ОС, вирішуючи проблеми розподілу ресурсів і конкуренції, повністю реалізує мультипрограмний режим відповідно до вимог розділу "Основні поняття, концепції ОС".

Багатозадачний режим, що втілює в собі ідею поділу часу, називається preemptive. Кожній програмі виділяється квант процесорного часу, після закінчення якого керування передається іншій програмі. Говорять, що перша програма буде витиснута. У режимі, що витісняє, працюють користувачькі програми більшості комерційних ОС.

У деяких ОС (Windows 3.11, наприклад) користувачька програма може монополізувати процесор, тобто працювати в режимі, що не витісняє. Як правило, у більшості систем не підлягає витисненню код, властивий ОС. Відповідальні програми, зокрема налаштування реального часу, також не витісняються.

По наведених прикладах можна судити про приблизність класифікації. Так, в ОС MS-DOS можна організувати запуск дочірнього завдання й наявність у пам'яті двох і більше завдань одночасно можливою. Однак ця ОС

традиційно вважається однозадачною, головним чином через відсутність захисних механізмів і комунікаційних можливостей.

Підтримка багатокористувацького режиму.

За числом одночасно працюючих користувачів ОС можна поділити на:

- однокористувацькі (MS-DOS, Windows 3.x);
- багатокористувацькі (Windows NT, Unix, Windows seven).

Найбільш істотна відмінність між цими ОС полягає в наявності в багатокористувацьких системах механізмів захисту персональних даних кожного користувача.

1.6 Багатопроцесорна обробка

Аж до недавнього часу обчислювальні системи мали один центральний процесор. У результаті вимог до підвищення продуктивності з'явилися багатопроцесорні системи, що складаються із двох і більше процесорів загального призначення, що здійснюють паралельне виконання команд. Підтримка багатопроцесування є важливою властивістю ОС і призводить до ускладнення всіх алгоритмів керування ресурсами. Багатопроцесорна обробка реалізована в таких ОС, як Linux, Solaris, Windows NT і ряді інших [40].

Багатопроцесорні ОС поділяють на симетричні й асиметричні. У симетричних ОС на кожному процесорі функціонує те саме ядро, і завдання може бути виконане на будь-якому процесорі, тобто обробка повністю децентралізована. При цьому, кожному із процесорів доступна вся пам'ять.

В асиметричних ОС процесори нерівноправні. Звичайно існує головний процесор (master) і підлеглі (slave), завантаження й характер роботи яких визначає головний процесор.

До розряду багатозадачних ОС, поряд з пакетними системами й системами поділу часу, відносяться також системи реального часу, що не згадувалися дотепер.

Вони використовуються для керування різними технічними об'єктами або технологічними процесами. Такі системи характеризуються гранично припустимим часом реакції на зовнішню подію, протягом якого повинна бути виконана програма, що управляє об'єктом. Система повинна обробляти вхідні дані швидше, ніж вони можуть надходити, причому від декількох джерел одночасно.

Настільки жорсткі обмеження позначаються на архітектурі систем реального часу, наприклад, у них може бути відсутня віртуальна пам'ять, підтримка якої дає непередбачені затримки у виконанні програм.

Операційна система (ОС) – це комплекс програм, що забезпечує керування комп'ютером як єдиним цілим (тоді як насправді комп'ютер складається з багатьох частин), його взаємодію з навколишнім середовищем (людиною, прикладними програмами, іншими системами). ОС – головна час-

тина системного програмного забезпечення. Операційна система управляється командами.

Основні функції операційних систем: керування виконанням програм; ведення файлової системи; розподіл ресурсів, у т. ч. оперативної пам'яті; динамічне компонування виконуваних програм; обробка переривань і забезпечення багатозадачної роботи.

ОС прив'язують до процесорів, на основі яких розробляються комп'ютери. Для IBM-сумісних комп'ютерів розрізняють ОС: однозадачні (MS-DOS, PC-DOS, PTS-DOS, Windows 3.x), багатозадачні (UNIX, OS/2, Windows 95, 98, ME, 2000, XP), мережні (Lan Server, Windows NT, Netware) і ОС, що забезпечують режим реального часу (QNX). Іноді ОС поділяють на 16-, 32- та 64-розрядні за розміром одночасно оброблюваного слова в мікропроцесорі.

Найпоширеніша однозадачна ОС – дискова операційна система фірми Microsoft (MS-DOS), що працює в основному в текстовому режимі (усі інші підтримують формати MS-DOS і дуже на неї схожі, тому можна просто говорити про дискову ОС-DOS). Це 16-розрядна ОС.

У графічному режимі найпопулярнішою є сім'я ОС Windows. Windows запускається на 32- та 64-бітових процесорах Intel та AMD; попередні версії також могли запускатись на процесорах DEC Alpha, MIPS, Fairchild (пізніше Intergraph) Clipper та Power PC. Проводились роботи на портування її на архітектуру SPARC.

Станом на 2011 рік Windows утримував монопольне становище (близько 94 %) світового ринку настільних систем, дещо втрачаючи позиції через зростання популярності систем з відкритими кодами. Windows також використовується на малих та середніх серверах мереж та баз даних. Останнім часом Microsoft проводить ряд маркетингових досліджень, котрі мають на меті показати привабливість родини Windows на ринку корпоративних систем.

Найбільше на сьогоднішній день поширена версія Microsoft Windows XP, випущена 25 жовтня 2001 року. Останній випуск Windows XP Service Pack 3 випущено 12 грудня 2007 року. Станом на 27 червня 2008 року операційні системи сім'ї Microsoft Windows займають 91% частки світового ринку ОС [65].

У листопаді 2006 року, після більш ніж 5 років розробки, корпорація Microsoft випустила ОС Windows Vista, що містить велику кількість нововведень та архітектурних змін порівняно з попередніми версіями Windows. Серед інших можна виділити новий інтерфейс користувача, названий Windows Aero, ряд вдосконалень безпеки, як наприклад Контроль реєстраційного запису користувача (User Account Control) та нові програми для мультимедія, як наприклад Windows DVD Maker.

Windows XP з'явився в 2001 році. Це унікальна операційна система (ОС), в основі якої закладена Windows 2000, це нова ОС від Microsoft.

Windows 7 – назва найновішої версії операційної системи Windows, котра вийшла 22 жовтня 2009 року, менше, ніж через три роки після випуску попередньої операційної системи комерційно невдалої Windows Vista. Розробка Windows 7 під різними кодовими назвами велась з 2000 року. Представники Microsoft відзначили, що в новій Windows вдосконалено систему безпеки. Зокрема, покращено роботу User Account Control (UAC). У новій версії користувач зможе виставити рівень доступу для того, щоб вікно UAC не виникало щоразу при спробі змінити системні параметри. Покращено інтерфейс, який робить роботу з вікнами більш приємною і легкою. Окремо варто відзначити технологію Aero Peek, яка дозволяє комфортно перемикатися між вікнами запущених програм, а також технологію Aero Snap, що дозволяє розгортати вікна на половину екрана або на весь екран простим рухом миші. Широка підтримка апаратного забезпечення. Оскільки технології розвиваються з величезною швидкістю, сумісність з новими версіями різних додатків необхідна. Вона буде представлена в Windows 7. Зокрема, в цій операційній системі буде підтримка технології "мультитач", що дуже до речі, з огляду на зростаючу популярність сенсорних екранів і прогнозованого успіху в 2010 році планшетних комп'ютерів. Ще один козир Windows 7 – заявлена адаптація під нетбуки, що являють собою малопотужні пристрої, на яких Windows 7 працює краще, ніж Windows XP [40].

Завантаження Windows здійснюється автоматично при вмиканні комп'ютера.

Робота в Windows здійснюється за допомогою миші – пристрою з двома-трьома кнопками. Керування Windows здійснюється наведенням курсора на екрані на об'єкт і натисненням кнопки миші. Після завантаження площу екрану займає те, що в Windows відоме, як "Робочий стіл". На "Робочому столі" знаходяться робочі папки: "Мой компьютер", "Корзина", "Internet Explorer", "Мои документы", "Сетевое окружение", також присутні панель завдань (смуга внизу екрана) та значки (програми, папки, файли). "Мой компьютер" – папка, в якій знаходиться доступ до дисків і папок ЕОМ.

Системна папка "Корзина" слугує для зберігання видалених документів. Internet Explorer використовується для роботи Internet. Це стандартний Web-браузер Windows, за допомогою якого користувач подорожує в глобальній системі.

"Сетевое окружение" – для використання локальних мереж. За допомогою нього користувач може потрапити в іншу ЕОМ, якщо інша ЕОМ не вимкнена чи не заборонено доступ до неї [34].

"Мои документы" – системна папка для зберігання створеної користувачем інформації.

Панель завдань – найголовніший інструмент керування Windows. Тут міститься кнопка "Пуск", з'являються кнопки всіх запущених програм. Основна функція панелі завдань – надання можливості переключення між програмами.

2 ВАРІАЦІЙНІ ПРИНЦИПИ ЯК ОСНОВА МСЕ

2.1 Методи визначення напружено-деформованого стану конструкцій

НДС будівельних конструкцій можна визначити на основі двох рівноцінних напрямків: локального та інтегрального.

Перший базується на розгляді рівнянь будівельної механіки, це рівняння статички, рівняння нерозривності, фізичні та геометричні рівняння. Рівняння локального напрямку подані в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Види рівнянь локального методу будівельної механіки

Вид рівнянь	Матричний запис	Запис з використанням обумовленості про підсумовування Ейнштейна
Статичні (рівняння рівноваги)	$ A *\{S\} = \{F\}$	$\sigma_{ij,j} + f_i = 0, \quad (2.1)$ де $ A $ – матриця умов рівноваги; $\{S\}$ – вектор шуканих зусиль; $f_i, \{F\}$ – вектор зовнішніх навантажень.
Геометричні рівняння нерозривності	$\{\varepsilon\} = B *\{\Delta\}$	$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i}), \quad (2.2)$ де $\{\varepsilon\}$ – вектор деформацій; $\{\Delta\}$ – вектор переміщень; $ B $ – матриця градієнтів, похідна від матриці форми; $u_{i,j}, u_{j,i}$ – похідні від переміщень.
Фізичні рівняння	$\{\varepsilon\} = D *\{S\}$	$\sigma_{ij} = 2 \cdot G(\varepsilon_{ij} + \frac{\nu}{1-2\nu}\delta_{ij}), \quad (2.3)$ де σ_{ij} – тензор напружень; ε_{ij} – тензор деформації; $ D $ – матриця піддатливості; $ K = D ^{-1}$ – матриця жорсткості; δ_{ij} – дельта Кронекера.

Другий напрямок – базується на варіаційному численні, основним поняттям якого є енергія. Енергетичний (термодинамічний) метод вивчення явищ природи розглядає зміни в системі як виділення чи поглинання енергії, перетворення одних видів енергії в інші. Цей метод встановлює загаль-

ний напрямок процесів, визначає кінцевий стан, але не дозволяє розглянути протікання процесу.

Енергія – це найбільш загальна кількісна характеристика руху. Внутрішня енергія системи – кількісна форма всіх форм руху, що проявляються при взаємодії внутрішніх елементів системи, утворюючих структуру даного рівня.

В результаті для розв’язання крайових задач із визначення НДС будівельних конструкцій потрібно розв’язувати систему із 15 диференціальних рівнянь в частинних похідних з конкретними граничними умовами.

Ця система крайових задач може бути розв’язана числовими методами, оскільки аналітичних розв’язань існує дуже мало:

- методом скінченних різниць (МСР);
- методом скінченних елементів (МСЕ);
- методом граничних елементів (МГЕ).

Дуже багато фізичних явищ зводиться до крайових задач для рівнянь в частинних похідних. Тому область прикладання МСЕ дуже широка. Успішне використання на теперішній час МСЕ пов’язано з таким.

1. Крайові задачі в рівняннях з частинними похідними перетворюються у варіаційні, що дозволяє в рамках прийнятої апроксимації відшукати оптимальне рішення.

2. ЕОМ дозволяє розв’язувати СЛАР високих порядків, а саме до них зводиться пошук розв’язків крайових задач.

3. Стало можливим використання універсальних програм, скрупульозно складених спеціалістами, що дозволяє користувачеві при виконанні великого обсягу розрахунків обмежитись лише підстановкою вхідних даних.

2.2 Основні положення МСЕ

Проектування будівельних конструкцій (збірних та монолітних) являє собою комплекс розрахунків і графічних робіт із виготовлення транспортування та експлуатації. МСЕ лежить в основі сучасних програмних комплексів таких як: ЛІРА–САПР, SCAD, Robot, які дозволяють виконувати моделювання роботи конструкцій та будівлі в цілому, а також виконувати аналіз їх НДС. Ці програмні комплекси є універсальним інструментом для розрахунків складних споруд із взаємною ув’язкою в конструктивній схемі всіх елементів. МСЕ є числовим, тобто наближеним методом математичної фізики і для його використання необхідно знати основні положення. Числовий МСЕ дозволяє отримувати розв’язки розрахункової системи диференціальних рівнянь 15-го порядку (рівняння статички, геометричні рівняння, фізичні рівняння) чи розв’язки задачі знаходження мінімуму функціоналу повної потенціальної енергії шляхом дискретизації розрахункової схеми.

Для отримання розв’язку задачі необхідно:

- визначити фізичні дані про матеріали споруди;
- підібрати розрахункову схему, яка має бути адекватною до споруди;

– вибрати математичну модель – сукупність рівнянь, алгоритмів та їх розв’язків за програмами.

Основний принцип МСЕ – поведінка складного суцільного середовища може бути апроксимована сумарною поведінкою складових елементів цього середовища. Метод скінченних елементів є варіаційним, оскільки його основні розрахункові рівняння можуть бути отримані безпосередньо із варіаційного принципу Лагранжа. Тобто, із множини кінематично-допустимих системою переміщень, що відповідають заданим граничним умовам, ті, які задовольняють вимоги рівноваги, надають потенційній енергії системи стаціонарного значення. В стані стійкої рівноваги величина виразу потенційної енергії системи (функціонал) мінімальна.

На варіаційних методах базується більшість сучасних наближених числових методів, які отримали широке розповсюдження завдяки сучасним ЕОМ. Варіаційні методи мають багато характеристик, найважливіші з них: велика загальність, універсальність, в силу чого наявні широкі можливості для застосування; інваріантність форми подання рівнянь руху; логічна послідовність. В варіаційних методах загальною характеристикою є енергія системи, робота зовнішніх та внутрішніх сил.

На понятті енергії оснований багато методів механіки суцільних середовищ, доцільність цих методів базується на тому, що енергія являє собою добре вивчену інваріантну величину і тому не залежить від системи координат.

При застосуванні інтегрального напрямку потрібно знаходити мінімум та максимум функціоналів. В основі розрахункових рівнянь МСЕ лежить класичний варіаційний принцип Лагранжа. Повна потенційна енергія тривимірної системи:

$$\Pi = U - W = \frac{1}{2} \int_{\Omega} \sigma \varepsilon d\Omega - \int_{\Omega} p u d\Omega = \int_a^b F(x, y, y') dx = \frac{EI}{2} \int_a^b (y'')^2 dx - q \int_a^b y dx, \quad (2.4)$$

де U – потенціал деформацій, W – потенціал зовнішніх сил, де перша складова – робота внутрішніх сил; друга складова з від’ємним знаком – робота зовнішніх сил.

Невідомі ступені вільності системи (фізичний зміст яких – лінійні та кутові переміщення) визначаються з умови мінімуму функціоналу повної потенціальної енергії системи

$$\frac{\partial}{\partial q_i} \Pi(q) = \frac{\partial}{\partial q_i} U(q) - \frac{\partial}{\partial q_i} W(q) = 0; \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (2.5)$$

Після диференціювання за кожним ступенем вільності системи отримуємо систему визначальних алгебраїчних рівнянь, яка в математичному вигляді записується так:

$$|K| \cdot \{q\} = \{P\}, \quad (2.6)$$

де $|K|$ – матриця жорсткості системи; $\{q\}$ – вектор ступенів вільності системи; $\{P\}$ – вектор зовнішніх сил системи.

Дискретизація досліджуваної системи скінченними елементами приводить до виразу:

$$\Pi = \sum_{\kappa=1}^m \Pi_{\kappa} = \sum_{\kappa=1}^m U_{\kappa} - \sum_{\kappa=1}^m W_{\kappa}. \quad (2.7)$$

А визначальні алгебраїчні рівняння записуються:

$$\frac{\partial}{\partial q_i} \sum_{r=1}^n \Pi_r(q_i) = \frac{\partial}{\partial q_i} \sum_{r=1}^n U_r(q_i) - \frac{\partial}{\partial q_i} \sum_{r=1}^n W_r(q_i) = 0; \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (2.8)$$

звідки:

$$\frac{\partial}{\partial q_r} U(q_r) = |K_r| \cdot \{q\}_r, \quad \frac{\partial}{\partial q_r} W(q_r) = \{P\}_r. \quad (2.9)$$

З принципу можливих переміщень елемент матриці жорсткості r -го скінченного елемента:

$$k_{ij,r} = \int_{\Omega} \sigma_i \varepsilon_j d\Omega. \quad (2.10)$$

Переміщення по області r -го скінченного елемента:

$$u_r = \sum_{i=1}^n q_i \cdot f_i. \quad (2.11)$$

Апроксимувальному поліному розподілу переміщень f_i відповідає q -ий ступінь вільності. Компоненти НДС r -го скінченного елемента:

$$\{\varepsilon\}_r = |D|_r \cdot |u|_r \cdot \{q\}_r, \quad \{\sigma\}_r = |E|_r \cdot |u|_r \cdot \{\varepsilon\}_r, \quad \{R\}_r = |k|_r \cdot |u|_r \cdot \{q\}_r, \quad (2.12)$$

де $|u|_r$ – матриця апроксимувальних функцій переміщень r -го скінченного елемента; $\{R\}_r$ – вектор зовнішніх навантажень.

Інтегральний напрямок опирається на екстремальні принципи, з яких можна отримати розв'язки задач статки, динаміки, стійкості, тобто він є універсальним.

Задачі на пошук мінімуму та максимуму функціоналів – це варіаційні задачі, а набувають функціонали стандартного значення, коли швидкість змінення їх в точці дорівнює нулю, тобто дорівнює нулю перша похідна функціоналу.

Умови, коли функціонали набувають стаціонарного значення, називаються екстремумами. Нехай на площині маємо 2 зафіксовані точки А та В (рис. 2.1). Проведемо через них криву $y(x)$ та $\bar{y}(x)$, які відрізняються на нескінченно малу величину, названу Лагранжем варіацією.

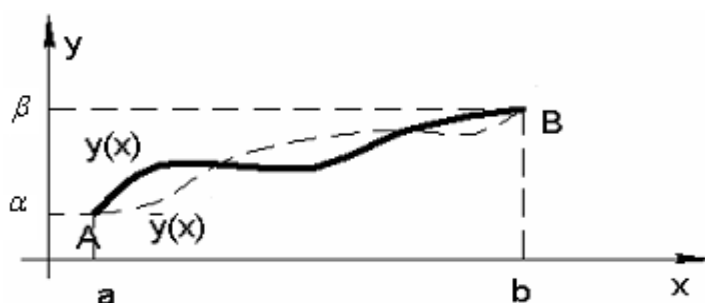


Рисунок 2.1 – До поняття варіації функції

$$\delta y = \varepsilon \cdot \phi(x) = y(x) - \bar{y}(x). \quad (2.13)$$

Символ δy запропонований Лагранжем, щоб підкреслити його віртуальний характер. Варіювання означає нескінченно малу зміну функції при фіксованому значенні x . При цьому $\delta x = 0$ (що фіксується, та не варіюється). Як відомо, варіювання подібно диференціюванню і при звичайному аналізі функції виконується за тими ж правилами, але не пов'язане з дійсною зміною незалежної змінної. Це свого роду математичний експеримент над сукупністю змінних.

Більшість методів розв'язання варіаційної задачі ґрунтовано на використанні необхідних умов екстремуму функції, якими є диференційні рівняння плюс граничні умови. Так Ейлер та Лагранж запропонували шукати екстремальні значення функціоналів, перейшовши до розв'язання крайової задачі

$$\frac{\partial F}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial F}{\partial y'} \right) = 0, \quad x \in [ab], \quad (2.14)$$

де y – невідома шукана функція; F – повна потенційна енергія одиниці довжини системи – тобто робота зовнішніх і внутрішніх сил системи при

переході її із деформованого стану в початковий недеформований; ε – нескінченно мала величина; $\phi(x)$ задовольняє умови неперервності та диференційованості.

Оскільки розв'язання крайової задачі (2.14) в більшості практичних випадків приводить до значних математичних ускладнень, варіаційні методи замість розв'язку диференційних рівнянь в частинних похідних розв'язують деяку задачу мінімізації, в якій згідно з методом Рітца шукана функція апроксимується найкраще підібраним аналітичним виразом.

В методі Рітца суттєвим є підбір підходящої базисної функції, яка б задовольняла кінематичні граничні умови і близько апроксимувала дійсний обрис осі чи поверхні. При цьому розрахунковим диференційним рівнянням координатна функція може не задовольняти. Точність методу Рітца в основному залежить від того, наскільки точно вибрані для апроксимації базисні функції відповідають дійсній деформованій осі чи поверхні.

Виявляється, що функція (екстремаль), яка забезпечує мінімум виразу повної потенційної енергії роботи (функціоналу) є в той же час розв'язком вихідного диференційного рівняння в частинних похідних (2.14).

Розрахунок за МСЕ розпочинається з дискретизації розрахункової схеми. Кожний скінченний елемент зберігає всі фізичні та геометричні властивості вихідного середовища і є елементом скінченних розмірів: стержень для одновимірних об'єктів, для дво- чи тривимірних об'єктів теорії пружності це трикутні чи чотирикутні скінченні елементи, тетраедри. На границі області задаються граничні умови, реактивні сили чи переміщення. Саме подання в МСЕ скінченних елементів кінцевих розмірів дає можливість перейти від реальної схеми з нескінченним числом параметрів НДС до системи з кінцевим числом параметрів.

Розрахункова схема МСЕ. Дискретизація об'єкта.

Спрощене зображення реальної споруди, яке присутнє в розрахунку замість самої споруди, є розрахунковою схемою. Як відмітив проф. Ю. В. Верюжський, основними принципами створення розрахункових моделей споруд є такі положення:

- методи розрахунку мають витікати із форм руйнування і деформацій, підтверджених досвідом будівельної практики;
- розрахункова гіпотеза має ставити конструкцію в менш прийнятні умови, ніж ті, в яких дійсно знаходиться конструкція;
- набір розрахункових гіпотез має забезпечувати не лише міцність та стійкість, а і економічність конструкції;
- доцільно мати не одну модель, а систему апроксимувальних моделей роботи споруди, кожна з яких має свої межі застосування;
- апроксимувальна модель роботи споруди має не лише правильно відображати роботу реального об'єкта, але й бути настільки простою, щоб розрахунок не був занадто громіздким [44].

ЛІТЕРАТУРА

1. Андрухов В. М. BIM-технології проектування. Особливості впровадження та розвитку в Україні / В. М. Андрухов, В. В. Матвійчук, А. О. Колесник; під ред. М. М. Осетріна // Містобудування та територіальна діяльність : [наук.-техн. збірник]. – Вип. 40, Ч. 1. – К. : КНУБА, 2011. – С. 58 – 66.
2. Андрухов В. М. BIM-технології, як новий вид інформаційного поля для супроводу будівельних об'єктів / В. М. Андрухов, В. В. Матвійчук, А. О. Колесник // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – № 1. – Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2012. – С. 104 – 108.
3. Андрухов В. М. Інноваційна технологія комп'ютерного проектування, документування та управління проектами об'єктів будівництва / В. М. Андрухов, Л. В. Мартинова // Бетон и железобетон в Украине. – № 4. – К., 2010. – С. 29-34.
4. Андрухов В. М. Наскрізнi автоматизованi технології в проектуванні багатопверхових житлових будівель / В. М. Андрухов, В. В. Матвійчук, А. О. Колесник // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – № 2. – Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2010. – С. 104 – 109.
5. Андрухов В. М. Оптимізація затрат на розробку проектної документації, як один з ключових напрямків наближення будівельної галузі до світових стандартів / В. М. Андрухов, В. В. Матвійчук, М. Б. Атаманенко // «Дні студентської творчості» : [збірник тез доповідей конференції ПДАБА] – Дніпропетровськ : Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, 2011. – С. 55 – 60.
6. Андрухов В. М. Оцінка технічного стану житлових будинків перших масових серій індустріального зведення та варіанти їх перспективи у майбутньому / В. М. Андрухов, А. О. Колесник, Л. В. Мартинова, В. В. Матвійчук // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – № 1. – Вінниця, 2010. – С. 103 – 111.
7. Архитектурное проектирование жилых зданий / [Барщ М. О., Лисициан М. В., Тургенев С. П., Федорова Н. В.]. – М. : Стройиздат, 2004. – 266 с.
8. Байков В. Н. Железобетонные конструкции. Общий курс : учеб. [для вузов] / В. Н. Байков, Э. Е. Сигалов. – изд. 3-е, исправленное. – М. : Стройиздат, 1978. – 767 с.
9. Барабаш М. С. Організація технології інтеграції систем автоматизованого проектування на базі КАЛПСО / М. С. Барабаш, А. В. Терещенко // Будівництво України. – № 4. – К., 2007. – С. 40 – 43.
10. Бауск А. Менее оптимистичный взгляд на BIM [Електронний ресурс] / А. Бауск // Все о САПР, PLM, ERP. – Режим доступа : http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14092.

11. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення : ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинний від 2011–06–01]. – К. : МІНРЕГІОНБУД України, 2011. – 71 с. (Національний стандарт України).
12. Бондарев В. М. Основы программирования / Бондарев В. М., Рублинецкий В. И., Кацко Е. Г. – Харьков: “ФОЛИО”, 1998. – 367 с.
13. Будівельна кліматологія : ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. – [Чинний від 2011-01-11]. – К. : Мінбуд України, 2011. – 123 с. – (Національні стандарти України).
14. Будівництво у сейсмічних районах України : ДБН В.1.1-12:2006. – [Чинний від 2007-01-02]. – К. : Мінбуд України, 2006. – 84 с. – (Національний стандарт України).
15. Васильев С. А. Информационные технологии в САПР : учебное пособие / Васильев С. А. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 80 с.
16. Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва : ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013. – [Чинний від 2013-09-01]. – К. : Мінрегіон України, 2013. – 37 с. – (Національний стандарт України).
17. Гинзбург А. В. Автоматизация организационно-технологического проектирования в строительстве / А. В. Гинзбург, П. Б. Каган // Открытые системы. – № 4. – М., 1997. – 183 с.
18. Глотова Т. В. Объектно-ориентированная методология разработки сложных систем : учебное пособие / Глотова Т. В. – Пенза, 2001. – 49 с.
19. Голдберг Е. Е. Для архитекторов. Revit Architecture 2009-2010 : Самоучитель по технологии BIM / Голдберг Е. Е. – Таганрог : ДМК Пресс, 2010. – 472 с.
20. Городецкий А. С. Информационные технологии расчёта и проектирования строительных конструкций : учебное пособие / Городецкий А. С., Шмуклер В. С., Бондарев А. В. – Харьков : НТУ ХПИ, 2003. – 889 с.
21. Городецкий А. С. Компьютерные модели конструкций / А. С. Городецкий, И. Д. Евзеров. – К. : Факт, 2005. – 344 с.
22. Державний класифікатор будівель та споруд : ДК 018-2000. – [Чинний від 2001-01-01]. – К. : Держстандарт України, 2000. – 53 с. – (Національний стандарт України).
23. Дерябин И. П. Системы автоматизированного проектирования : учебное пособие / И. П. Дерябин, С. П. Пестов. – Челябинск : ЮУрГУ, 2002. – 178 с.
24. Доступність будинків і споруд для мало мобільних груп населення: ДБН В.2.2-17:2006. – [Чинний від 2007-05-01]. – К. : Мінбудархітектури України, 2007. – 47 с. – (Національний стандарт України).
25. Ельчищева Т. Ф. Использование системы ArchiCAD в архитектурном проектировании : метод. вказ. / Т. Ф. Ельчищева, И. В. Матвеева. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. – 32 с.

26. Житлові будинки. Реконструкція та капітальний ремонт : ДБН В.3.2-2-2009. – [Чинний від 2010-01-01]. – К. : Мінбуд України, 2009. – 22 с. – (Національні стандарти України).
27. Жук К. Д. Построение современных систем автоматизированного проектирования / Жук К. Д., Тимченко А. А., Родионов А. А. – К. : Наук. думка, 1983. – 248 с.
28. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ : ДБН В.1.2-14-2008. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 39 с. – (Державні будівельні норми України).
29. Зайцев В. Ф. ПК КАЛИПСО – Навигатор. Методика сбора строительных объемов и их привязки к сметным нормативам / Зайцев В. Ф. – М. – К. : НИИАСС Минрегионстроя Украины, 2008. – 74 с.
30. Закон України про архітектурну діяльність / Відомості Верховної Ради України. – Офіц. вид. – К. : Парлам. вид-во, 1999. – 246 с. – (Бібліотека офіційних видань).
31. Закон України «Про будівельні норми» / Відомості Верховної Ради України. – Офіц. вид. – К. : Парлам. вид-во, 2009. – (Бібліотека офіційних видань).
32. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності» / Відомості Верховної Ради України. – Офіц. вид. – К. : Парлам. вид-во, 2011. – (Бібліотека офіційних видань).
33. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва : ДБН В.1.1.7-2002. – [Чинний від 2003-01-05]. – К. : Держбуд України, 2003. – 42 с. – (Національні стандарти України).
34. Информатика. Базовый курс / [под ред. С. В. Симоновича]. – СПб., 2000. – 640 с.
35. Информационное обеспечение, поддержка и сопровождение жизненного цикла изделия / [Бакаев В. В., Судов Е. В., Гомозов В. А. и др.] ; под ред. В. В. Бакаева. – М. : Машиностроение-1, 2005. – 624 с.
36. Иодан Э. Структурное проектирование и конструирование программ / Иодан Э. – М. : Мир, 1979. – 416 с.
37. Информатика. Інформаційні технології в будівництві. Системи автоматизованого проектування / [Баженов В. А., Криксунов Е. З., Перельмутер А. В., Шишов О. В.]. – К. : <<Каравелла>>, 2004. – 358 с.
38. Інформаційні технології – від розробки проекту до управління при зведенні будівельних об'єктів : [наук.-техн. збірник] / [В. М. Андрухов, А. С. Моргун, М. Б. Атаманенко, В. В. Матвійчук та ін.] ; під ред. М. М. Осетріна. – вип. 40, Ч. 1. – К. : КНУБА, 2011. – С 67 –77.
39. Казаков А. В. Методы автоматизации строительного проектирования / А. В. Казаков // Технологии строительства. – № 5. – 2003. – С. 126 – 128.
40. Ковтанюк Ю. С. Самоучитель работы на персональном компьютере / Ю. С. Ковтанюк, С. В. Соловьян. – К. : Юниор, 2001. – 560 с.

41. Козлов И. М. Оценка экономической эффективности внедрения информационного моделирования зданий [Электронный ресурс] / И. М. Козлов // Архитектура и современные информационные технологии. – М. : 2010. – Режим доступа : <http://www.marhi.ru/AMIT/2010/1kvart10/Kozlov/Article.php>. – Назва з екрана.
42. Козлова А. П. Основы систем автоматизованого проектування : конспект лекцій / А. П. Козлова, М. І. Кринецький. – К. : НАУ, 2003. – 86 с.
43. Колесник А. О. Технологія забезпечення надійності і безпечної експлуатації будівель та споруд : маг. дис. / Колесник Андрій Олександрович. – Вінниця, 2012. – 157 с.
44. Компьютерные технологии проектирования железобетонных конструкций. Учебное пособие / [Верюжский Ю. В., Колчунов В. И., Барабаш М. С., Гензерский Ю. В.]. – К. : изд-во НАУ, 2006. – 808 с.
45. Кондаков А. И. САПР технологических процессов и производств : учебник для студ. высш. учеб. заведений / Кондаков А. И. – М. : Академия, 2007. – 272 с.
46. Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення : ДБН В.2.6-161:2010. – [Чинний з 2011-09-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 102 с. – (Національні стандарти).
47. Конструкції будинків і споруд. Основні положення. Бетонні та залізобетонні конструкції : ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинний від 2011-07-01]. – К. : Мінбуд України, 2011. – 69 с. – (Національні стандарти України).
48. Конструкції будинків і споруд. Основні положення. Кам'яні та армокам'яні конструкції : ДБН В.2.6-162:2010. – [Чинний від 2010-12-30]. – К. : Мінбуд України, 2011. – 104 с. – (Національні стандарти України).
49. Конструкції будинків і споруд. Сталеві конструкції : ДБН В.2.6-163:2010. – [Чинний з 2011-12-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 202 с. – (Національні стандарти України).
50. Корячко В. П. Теоретические основы САПР / Корячко В. П., Курейчик В. М., Норенков И. П. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 400 с.
51. Краснов М. Unigraphics для профессионалов / Краснов М. – М. : Лори, 2004. – 319 с.
52. Краснощеков П. С. Оптимизация в автоматизированном проектировании / Краснощеков П. С., Морозов В. В., Попов Н. М. – М. : МАКС Пресс, 2008. – 323 с.
53. Криницкий Е. В. Что такое «Информационная модель здания (BIM)»? [Электронный ресурс] / Е. В. Криницкий // Всё о САПР, PLM, ERP. – Режим доступа : http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=13854.
54. Кураксин С. А. На пути к комплексной автоматизации / С. А. Кураксин // Открытые системы. – 2001. – № 5. – С. 78–82.
55. Латышев П. Н. Каталог САПР. Программы и производители / Латышев П. Н. – К. : Солон, 2006. – 608 с.
56. Ли К. Основы САПР (CAD/CMA/CAE) / Ли. К. – СПб. : Питер, 2004. – 560 с.

57. Ліцензійні умови провадження господарської діяльності у будівництві, пов'язаної із створенням об'єктів архітектури. Наказ Міністерства регіонального розвитку та будівництва України : № 226/16242. – [Зареєстрований в Міністерстві юстиції України]. – К., 2009. – 32 с.
58. Майстренко Н. В. Программное обеспечение САПР. Операционные системы : учебное пособие / Н. В. Майстренко, А. В. Майстренко. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 76 с.
59. Мандриков А. П. Примеры расчета железобетонных конструкций : учеб. пособие для строит. техникумов по спец. «Пром. и гражд. стр-во». – М. : Стройиздат, 1979. – 419 с.
60. Масюк И. В. Значение автоматизированного проектирования [Електронний ресурс] / И. В. Масюк // Введение в автоматизированное проектирование. – Режим доступа : <http://www.masters.donntu.edu.ua/2001/fvti/masyuk/bibl/intro.htm>. – Назва з екрана.
61. Матвійчук В. В. Використання технологій інтегрованого проектування для підвищення інвестиційної привабливості будівництва [Електронний ресурс] / В. В. Матвійчук // XL регіональна науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області (Вінниця, 9 - 11 березня 2011 р.) – Вінниця : ВНТУ, 2011. – Режим доступу : <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2011/inbtegp/txt/matviychuk.pdf>. – Назва з екрана.
62. Матвійчук В. В. Наскрізнi автоматизованi технологiї в проектуванні громадських та житлових споруд : маг. дис. / Матвійчук Владислав Віталійович. – Вінниця, 2010. – 95 с.
63. Матвійчук В. В. Особливості створення цифрових моделей будівельних об'єктів для автоматизації виконання проектних робіт [Електронний ресурс] / В. В. Матвійчук, Д. В. Міщенко // XXXIX науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємства м. Вінниці та області (9–12 березня 2010 р.) – Вінниця : ВНТУ, 2010. – Режим доступу : [ua/allvntu/2010/inbtegp/txt/Matviychuk.pdf](http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2010/inbtegp/txt/Matviychuk.pdf). – Назва з екрана.
64. Матвійчук В. В. Стан, питання та перспективи світового досвіду висотного будівництва [Електронний ресурс] / В. В. Матвійчук // XXXVII науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємства м. Вінниці та області (18 – 21 березня 2008 р.) – Вінниця : ВНТУ, 2008. – Режим доступу : <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/inbtegp/txt/matvijchuk.pdf>

65. Метод конечных элементов / [Варвак П. М., Бузун Н. М., Городецкий А. С. и др.]. – К. : Вища школа, 1981. – 176 с.
66. Микляев А. П. Настольная книга пользователя IBM PC / Микляев А. П. – [3-е изд.]. – М. : Солон-Р, 2000. – 720 с.
67. Навантаження і впливи : ДБН В.1.2.-2:2006. – [Чинний від 2007-01-01]. – К. : Мінбуд України, 2006. – 59 с. – (Національні стандарти України).
68. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинку при новому будівництві та реконструкції : ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. – [Чинний від 2008-07-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2008. – 44 с. – (Державний стандарт України).
69. Новини, публікації [Електронний ресурс] // Nemetschek AG: інформаційні технології та консалтинг, проектування, будівництво, експлуатація. – Режим доступу : <http://nemetschek.com.ua/news/press.html>. – Назва з екрана.
70. Новые решения для сложного архитектурно-строительного проектирования с помощью комплексной программной среды фирмы Nemetschek AG [Електронний ресурс] // Строительство и недвижимость. – Режим доступу : <http://www.nestor.minsk.by/sn/2003/21/sn32113.html>. – Назва з екрана.
71. Норенков И. П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем : учебное пособие для вузов / Норенков И. П. – М. : Высш. шк., 1986. – 304 с.
72. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования / Норенков И. П. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – М. : МГТУ им. Баумана, 2006. – 448 с.
73. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования : учебн. для вузов / Норенков И. П. – М. : Изд-во МГТУ им. Баумана, 2002. – 336 с.
74. Правила обстежень, оцінки технічного стану та паспортизації виробничих будівель і споруд : НПАОП 45.2-1.01-98. – [Чинний від 1997-11-27]. – К. : Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 1997. – 145 с. – (Національні стандарти України).
75. Обзор ядер геометрического моделирования [Електронний ресурс] // Сайт поддержки пользователей САПР. – Режим доступу : <http://www.cad.dp.ua/obzors/karnel.php>. – Назва з екрана.
76. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою : НАПБ Б.03.002-2007. – [Чинний від 2007-12-03]. – К. : УкрНДІПБ МНС, 2007. – 27 с. (Національні стандарти України).
77. Перельмутер А. В. Расчетные модели сооружений и возможности их анализа / А. В. Перельмутер, В. И. Сливкер. – К. : Сталь, 2002. – 600 с.
78. Планування та забудова міських та сільських поселень : ДБН 360-92**. – [Чинний від 1992-04-17]. – К. : Держбуд України, 1992. – 65 с. – (Національні стандарти України).

79. Покриття будинків і споруд : ДБН В.2.6-14-1997 [Чинний від 1998-01-01]. – К. : Держкоммістобудування України, 1998. – 140 с. – (Національні стандарти України).
80. Правила визначення вартості проектно-вишукувальних робіт та експертизи проектної документації на будівництво : ДСТУ Д.1.1-7:2013 [Чинний від 2014-01-01]. – К. : Мінрегіон України, 2013. – 50 с. – (Національні стандарти України).
81. Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень: ДСТУ Б А.2.4-7:2009 [Чинний від 2010-01-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 71 с. – (Національні стандарти України).
82. Примеры расчёта и проектирования. приложение к учебному пособию Лира 9.2. / [Гензерский Ю. В., Куценко А. Н., Марченко Д. В. и др.]. – К. : издательство НИИАСС, 2006. – 124 с.
83. Проектирование железобетонных конструкций. Справочное пособие / [Гольшев А. Б., Бачинский В. Я., Полищук В. П. и др.] ; под ред. А. Б. Гольшева. – К. : Будівельник, 1985. – 496 с.
84. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Технічні умови : ДСТУ3760-95. – [Чинний від 1999-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1998. – 20 с. – (Національний стандарт України).
85. Рожков А. П. Пожежна небезпека : навчальний посібник / Рожков А. П. – К. : Пожінформтехніка, 1999. – 256 с.
86. Самсонов О. Проблемы интеграции прикладных систем [Электронный ресурс] / Олег Самсонов // САПР и графика. – Режим доступа : <http://www.sapr.ru/article.aspx?id=6645&iid=272>. – Назва з екрана.
87. Сборник цен на проектные работы для строительства. Раздел 39 жилые и гражданские здания. – [Чинний від 1990-04-01]. – М. : 1990. – 16 с.
88. Система стандартизації і нормування у будівництві : ДБН А.1.1-1-93. – [Чинний від 1993-01-07]. – К. : Мінбудархітектури України, 1993. – 15 с. – (Національні стандарти України).
89. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві : ДБН А.3.2-2-2009. – [Чинний від 2011-04-01]. – К., Держбуд України, 2009. – 94 с. – (Національний стандарт України).
90. Склад та зміст проектної документації для будівництва : ДБН А.2.2-3-2012. – [Чинний від 2012-07-01]. – К. : Держбуд України, 2012. – 26 с. – (Національні стандарти України).
91. Сталезалізобетонні конструкції : ДБН В.2.6-160:2010. – [Чинний від 2011-09-01]. – К. : Мінбуд України, 2011. – 104 с. – (Національні стандарти України).
92. Стасюк М. І. Залізобетонні конструкції. Ч. 1. Основи розрахунку залізобетонних конструкцій за граничними станами : навч. посібник / Стасюк М. І. – К. : ІЗМН, 1997. – 272 с.
93. Суберляк О. В. Системы автоматизации проектирования и производства / Суберляк О. В. – М., 1985. – 294 с.

94. Талапов В. В. BIM и американские чиновники [Электронный ресурс] / В. В. Талапов // Всё о САПР, PLM, ERP. – Режим доступа : http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14238. – Назва з екрана.
95. Талапов В. В. BIM: Кому нужна такая модель? [Электронный ресурс] / В. В. Талапов // Всё о САПР, PLM, ERP. – Режим доступа : http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14315. – Название с экрана.
96. Талапов В. В. Многоликий BIM [Электронный ресурс] / В. В. Талапов // Всё о САПР, PLM, ERP. – Режим доступа : http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14261. – Название с экрана.
97. Талапов В. В. Что влияет на внедрение BIM в России [Электронный ресурс] / В. В. Талапов // Всё о САПР, PLM, ERP. – Режим доступа : http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14044. – Название с экрана.
98. Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6-31:2006. – [Чинний від 2007-04-01]. – К. : Мінбуд України, 2006. – 65 с. – (Національні стандарти України).
99. Управління, організація і технологія. Організація будівельного виробництва : ДБН А.3.1-5-2009. – [Чинний від 2012-01-01]. – К. : Держкоммістобудування України, 2011. – 61 с. – (Національні стандарти України).
100. Фарлоу С. Уравнения с частными производными для научных работников и инженеров / Фарлоу С. – М. : Мир, 1985. – 384 с.
101. Швенднер Т. Смена парадигмы в компьютерном строительном проектировании / Т. Швенднер // Проект Россия. – № 25. – М., 2002. – 98 с.
102. Швенднер Т. Фактор комплексності при виборі архітектурно-будівельної САПР / Т. Швенднер // Проект Россия. – № 20. – М., 2001. – 123 с.
103. Шерешевский И. А. Конструирование промышленных зданий и сооружений : учеб. пособие для студентов строительных специальностей. – М. : «Архитектура-С», 2007. – 168 с.
104. Шмуклер В. С. Метод интегральных градиентов в оптимизационных задачах САПР / Шмуклер В. С. // Системы автоматизированного проектирования. – К. : Будівельник, 1989. – Вып. 6. – С. 56 – 62.
105. Autodesk [Электронный ресурс] / Autodesk. Каталог продуктов. – Режим доступа : <http://www.autodesk.ru/> – Назва з екрана.
106. Building Information Modeling [Электронный ресурс] // Википедия. Свободная энциклопедия. – Режим доступа : <http://ru.wikipedia.org/wiki/BIM>. – Назва з екрана.
107. Industry Foundation Classes [Электронный ресурс] // Википедия. Свободная энциклопедия. – Режим доступа : http://ru.wikipedia.org/wiki/Industry_Foundation_Classes. – Назва з екрана.
108. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / [А. А. Алямовский, Е. В. Одинцов, Н. Б. Пономарев и др.]. – СПб. : БХВ, 2007. – 1040 с.

Глосарій

Арка –	arch;
Балка –	beam;
Будівництво –	building;
Власні коливання –	own fluctuations;
Збудуювальна сила –	exciting force;
Внутрішні зусилля –	the intrinsic efforts;
Вимушені коливання –	the forced fluctuations;
Гармонічні коливання –	harmonious fluctuations;
Граничний стан –	boundary state;
Довжина стержня –	length of a core;
Діаграма –	the diagramme;
Динамічні впливи –	dynamic influences;
Деформації –	deformations;
Епюра –	curve;
Жорстке закріплення –	rigid fastening;
Жорсткість системи –	rigidity of system;
Зовнішнє навантаження –	external loading;
Згинальний момент –	the bent moment;
Кривизна –	curvature;
Коефіцієнт Пуассона –	quotient Puassona;
Колівання точечної маси –	fluctuations of dotted mass;
Кути поворотання –	tilt angles;
Коефіцієнти канонічних рівнянь –	quotients of the initial equations;
Лінійні зміщення –	linear movings;
Лінії впливу –	influence lines;
Модуль пружності –	the elasticity module;
Механізм руйнування –	the destruction mechanism;
Метод сил –	a method of forces;
Метод переміщень –	a method of movings;
Нерозрізна балка –	not cutting beam;
Несуча спроможність –	bearing ability;
Навантаження –	loading;
Напружено-деформований стан –	strains – deformed state;
Напруження –	strains;
Основна система –	the basic system;
Опорні зв'язки –	basic communications;
Опорні реакції –	basic reactions;
Оболонка –	a cover;
Прогини –	deflections;
Поперечні сили –	cross-section forces;
Подовжені сили –	longitudinal forces;
Пластичний шарнір –	the plastic hinge;

Потенційна енергія системи –	potential energy of system;
Піддатливість системи –	a system pliability;
Розрахункова схема –	the settlement scheme;
Рівняння –	the equation;
Радіус головної кривизни –	radius of the main curvature;
Розрахунок –	calculation;
Рівняння статyki –	the statics equations;
Статичні впливи –	the statics action;
Ступінь геометричної змінності системи –	degree of geometrical convertibility of system;
Ступінь кінематичної невизначеності системи –	degree of kinematic indefinability of system;
Ступінь статичної невизначеності системи –	degree of static indefinability of system;
Схема взаємодії –	the interaction scheme;
Система розрахункових рівнянь –	system of the settlement equations;
Тріщини –	fractures;
Тимчасове навантаження системи –	time loading systems;
Форма коливань –	the form of fluctuations;
Ферма –	a farm;
Шарнірне обпирання –	articulated abut;
Частота власних коливань системи –	frequency of own fluctuations of system.

Навчальне видання

Моргун Алла Серафимівна
Андрухов Валерій Михайлович
Сорока Микола Миколайович
Меть Іван Миколайович

**СИСТЕМИ
АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ
В БУДІВНИЦТВІ**

Навчальний посібник

Редактор Т. Старічек

Оригінал-макет підготовлено А. Моргун

Підписано до друку 19.11.2015 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 8,4.
Наклад 300 (1-й запуск 1-100) пр. Зам. № 2015-098.

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-85-32.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-87-38.
publish.vntu.edu.ua; email: kivc.vntu@gmail.com.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.