

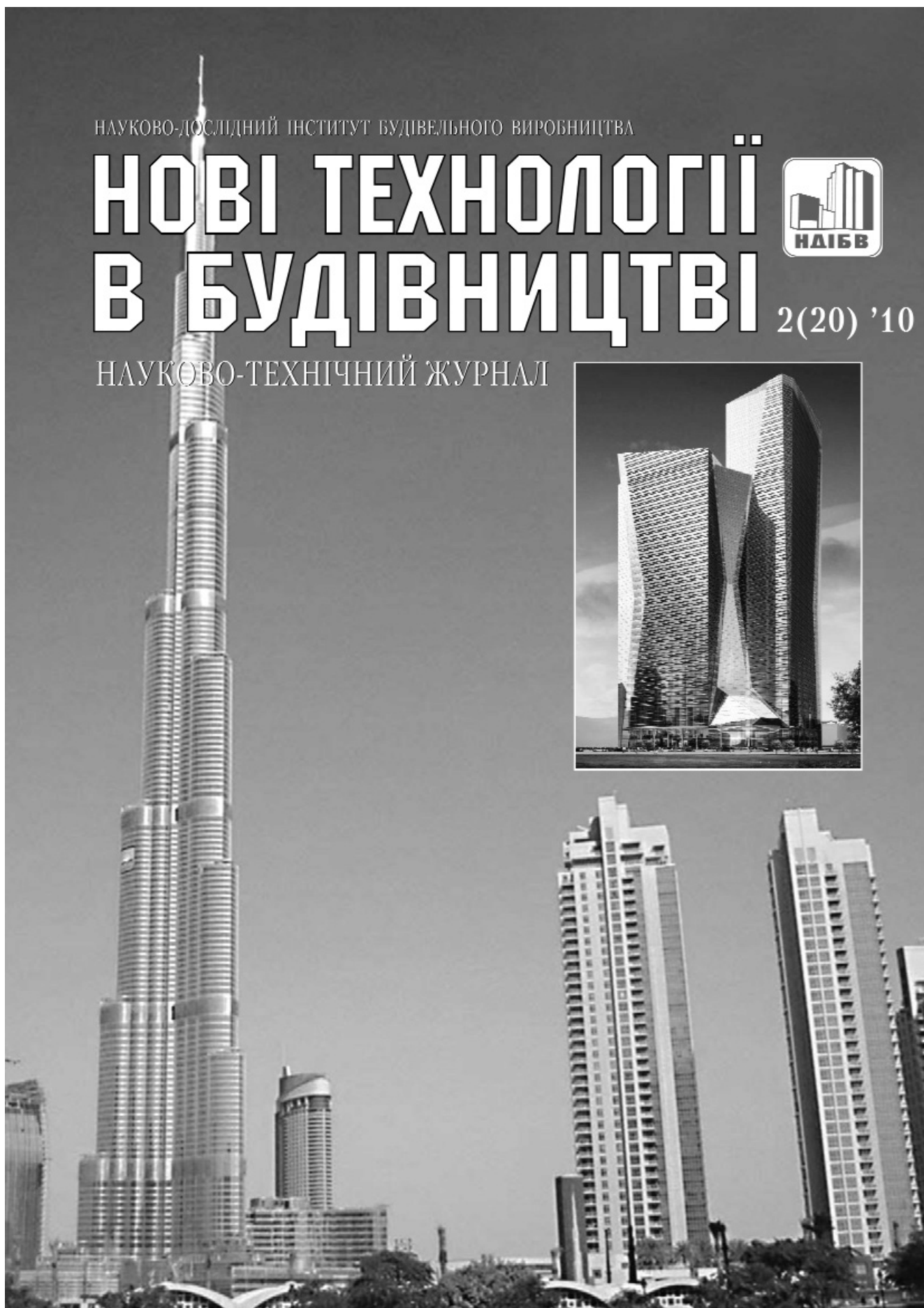
НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ



2(20) '10

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ



Свідоцтво про державну реєстрацію серія KB №4793
Постанова президії ВАК України від 1 липня 2010 р. № 1-05/5

Науково-технічний журнал заснований Академією будівництва України та Науково-дослідним інститутом будівельного виробництва (НДІБВ) у січні 2001 року.
Видається НДІБВ 2 рази на рік.

Для співробітників науково-дослідних та проектних інститутів, спеціалістів будівельних організацій, викладачів і студентів вищих навчальних закладів.

Редакційна колегія: д.т.н. проф. В.С. Балицький (головний редактор);
д.е.н., проф. Є.В. Бондаренко; д.е.н., проф. Г.А. Дмитренко;
д.е.н., проф. А.В. Крушевський; д.е.н., проф. В.О. Міхельс;
д.е.н. А.І. Сухоруков; д.т.н. О.С.Файвусович; д.т.н. П.П. Федоренко;
к.е.н. Є.Й. Заблоцький;
к.т.н. О.М.Галінський (заступник головного редактора).
www.ndibv.kiev.ua; e-mail: vistavca@ukr.net; тел. 248-48-68
Літературний редактор А.М. Ясева
Комп'ютерна верстка та графіка О.В. Сирота

Мова видання: українська і російська.

Збірник рекомендовано до друку Вченою радою інституту 07.09.2010 р., протокол №1.

Адреса редколегії збірника:
03680, Київ, МСП, Червонозоряний проспект, 51.

УДК 721.011.27 (083.75)

*О.М. Галінський, к.т.н, директор НДІБВ;**А.А. Франівський к.т.н.;**Т.В. Рунова НДІБВ.*

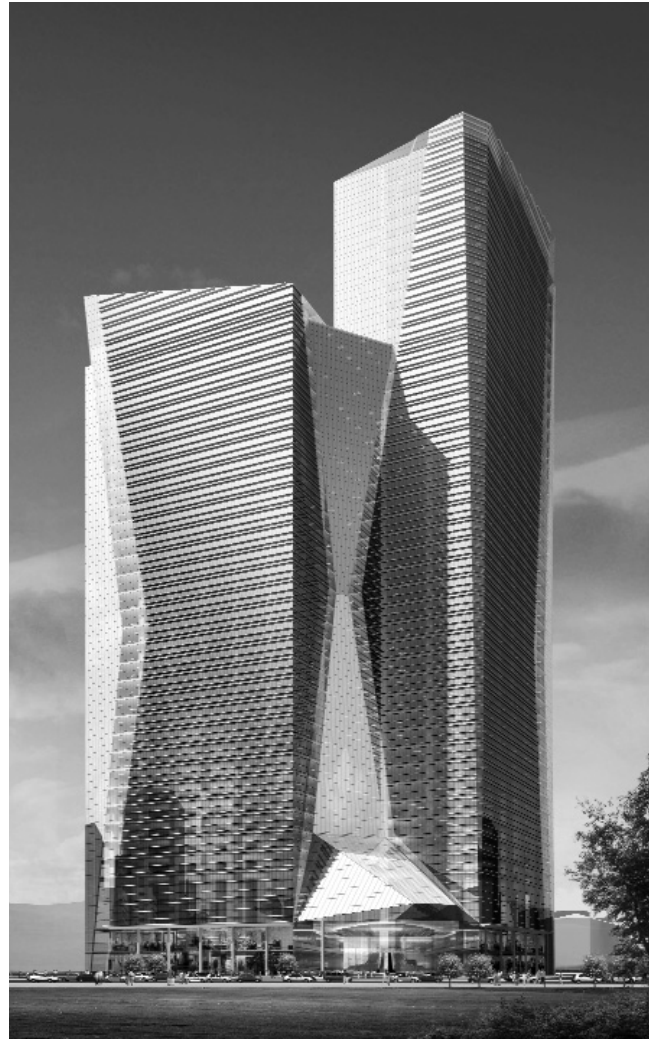
НОРМАТИВНА БАЗА З ВИСОТНОГО БУДІВНИЦТВА В УКРАЇНІ ТА НАПРЯМИ ЇЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ

АНОТАЦІЯ

У статті наведено аналіз річного досвіду застосування нового нормативного документа з висотного будівництва, введенного в дію в 2009 році, зокрема з питань конструктивної безпеки, пожежної безпеки, безпеки експлуатації та організації науково-технічного супроводу зведення висотних будинків. Наведено результати натурних досліджень міцнісних параметрів при будівництві висотних об'єктів для обґрунтування прийнятих норм. Звернуто увагу на проблеми та недоліки в забезпеченні пожежної безпеки та безпеки експлуатації висотних споруд і надано відповідні пропозиції.

Ключові слова: висотне будівництво, будівельні норми, конструктивна безпека, пожежна безпека, безпека експлуатації, науково-технічний супровід.

З вересня 2009 року в Україні діє новий нормативний документ «Проектування висотних житлових і громадських будинків» [1]. В якості основи при його розробленні використано вітчизняний досвід будівництва перших висотних будинків у місті Києві як об'єктів експериментального будівництва з розробленням для кожного конкретного будинку індивідуальних технічних вимог (ІТВ) і програм експериментального будівництва та узагальненням результатів їх виконання. У документі також використана низка положень закордонної нормативної бази, зокрема Німеччини та Росії [2-6], адаптованих до чинних будівельних норм та умов будівництва в Україні. Загальна структура та зміст нового документа відповідають чинним документам «Житлові будинки. Основні положення» (ДБН В.2.2-15-2005) [7] та «Громадські будинки і споруди. Основні положення» (ДБН В.2.2.9-99) [8]. Значно розширено розділ «Конструктивна частина» та оновлено розділ «Інженерне обладнання» з акцентом на автоматизацію управління інженерними системами життєзабезпечення людей та їх



*Будівництво висотного Громадського центру
по вул. Шолуденка в м. Києві висотою 210 м.*

безпеки, в першу чергу, пожежної. Враховуючи те, що у даний час відсутній посібник із проектування висотних будинків у розвиток цього нормативного документа, значна частина положень, що носять як обов'язковий, так і довідковий характер, викладена в додатках. Документ доповнено новими розділами: «Захист від шуму», «Організація будівництва» та «Безпека експлуатації». Зупинимось на принципово нових і найбільш актуальних на даний час норм нового документа з аналізом річної практики його застосування.

Сфера застосування

Однією з дискусійних норм є обмеження висоти (умовної) житлових будинків до 100 м, у той час, як будівництво громадських будинків та споруд дозволяється вище 100 м але тільки в якості об'єктів експериментального будівництва із розробленням ІТВ та науково-технічним супроводом.

Обмеження висоти житлових будинків до 100 м ґрунтується не тільки на тенденціях будівельної практики європейських країн з подібними кліматичними умовами, а й підтверджується вітчизняним досвідом висотного будівництва. Це обґрунтування засвідчується погіршенням техніко-економічних показників будівництва та збільшенням експлуатаційних витрат із збільшенням висоти, до яких слід віднести значне підвищення питомої вартості будівництва на 1 кв.м площі на 30-50%, низький вихід корисної площі, що складає приблизно половину загальної площі висотного будинку, а також збільшення фактичних експлуатаційних витрат у 2-4 рази в порівнянні з існуючим житловим фондом. Крім того, з'являються і нові проблеми, пов'язані, наприклад, з ефективністю управління висотним будинком у процесі експлуатації та організацією належного технічного обслуговування, невизначеністю форм власності будинків та недостатнім відпрацюванням організаційних форм управління такими складними будівельними спорудами. Якщо власник висотного будинку громадського призначення сам організовує управління та технічне обслуговування безпосередньо за допомогою спеціалізованої експлуатаційної організації або експлуатаційної служби, створеної в конкретному будинку і приймає на себе всі ризики, то в житлових будинках всі ризики (як будівельні, так і експлуатаційні), їх наслідки та матеріальні збитки будуть нести власники квартир в умовах невизначеності форм власності всього будинку (а не окремих квартир) та форм управління. При цьому забудовник (власник) та будівельна організація маючи, як правило, юридичний статус товариства з обмеженою відповідальністю (ТОВ), після здачі житлового будинку в експлуатацію можуть іноді «зникати», автоматично перекладаючи всю відповідальність на мешканців. Тому до відпрацювання питань форм власності, управління та організації обслуговування висотних житлових будинків, де інвесторами виступають безпосередньо мешканці, обмеження висоти є цілком обґрунтованим та виправданим з метою захисту перш за все прав мешканців та їх власних коштів, вкладених у своє житло. У той же час у будівельній практиці з'являються пропозиції щодо збільшення висоти житлових будинків для окремих проєктів. Альтернативою в даному разі може бути будівництво офісно-житлових будинків (або офісних із житловими апартаментами), де власник офісної частини, як і всього будинку, ідентифікується із самого початку за визначенням і в подальшому сам організує його управління та обслуговування за допомогою спеціалізованої експлуатаційної служби і відповідає передусім за якість будівництва. Таким чином, саме відмінність джерел інвестицій, форм власності і управління висотними будинками житлового або громадського призначення і є тими суттєвими чинниками для обґрунтування прийнятої норми обмеження висоти саме житлових будинків. Хоча і в цьому випадку для мешканців квартир зберігається ризик монопольного визначення завищених тарифів за послуги, що призводить до конфліктів в окремих висотних будинках, введених в експлуатацію. Взагалі, проблеми обслуговування та управління висотними будинками в зв'язку із їх технічною складністю є новими та принципово іншими і вимагають подальшого їх вивчення та відпрацювання в реальних умовах експлуатації цього складного сегмента міського середовища.

Ще два питання, які стосуються вдосконалення нормативної бази в сегменті висотного будівництва, доцільно обговорити та вирішити. Одне з них — це унормування порядку розроблення індивідуальних технічних вимог та програм експериментального будівництва. Зараз ці питання регулюються відомчим документом Мінрегіонбуду України — «Тимчасовим порядком погодження та супроводом у центральному апараті Мінрегіонбуду документів щодо експериментального проектування та будівництва об'єктів житлово-громадського призначення, на які відсутні нормативні вимоги», затвердженим наказом Мінбуду України від 25.09.2006р. № 319. Подібний документ під назвою «Положение о технических условиях на проектирование и строительство высотных и экспериментальных объектов капитального строительства» діє у Москві.

Для більшої легітимізації цього документа, а також розроблення його структури та змісту найбільш доцільним, на нашу думку, буде включення основних його положень у формі окремого розділу до ДБН А.2.2.-3-2004 «Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проєктної документації для будівництва» [9], який у даний час переглядається. У цьому розділі повинні бути викладені загальні положення щодо порядку розроблення, погодження та затвердження індивідуальних технічних вимог для експериментальних

об'єктів, а структура та зміст цього документа ви-несена в додатки.

Що стосується розроблення програм експериментального будівництва, то більша частина їх положень вже включена в розроблений нормативний документ, а менша частина дублює вимоги ДБН В.1.2-5:2007 «Науково-технічний супровід будівельних об'єктів» [10], де ці вимоги прописані більш детально на всі етапи життєвого циклу будинку. Тому необхідність у розробленні програм експериментального будівництва відпадає, а всі питання можуть бути врегульовані двома вищенаведеними державними нормативними документами, статус яких, як державних будівельних норм є найбільш легітимним.

І остання пропозиція для обговорення. На наш погляд, доцільно в майбутньому при перегляді існуючих нормативних документів для проектування житлових і громадських будинків доповнити їх вимогами із ДБН щодо висотних будинків, розширивши сферу застосування чинного ДБН В.2.2-15-2005 для житлових будинків до 100м, а ДБН В.2.2-9-99 для громадських будинків до 200м, враховуючи те, що вся інша нормативна база, в першу чергу, ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи. Норми проектування» [11] містить норми для проектування будинків і споруд заввишки до 200 м. Таким чином, зручніше мати для проектування два документи. Проектування будинків вище 200м може продовжуватися згідно з існуючою практикою як об'єктів експериментального будівництва з розробленням ІТВ та науково-технічним супроводом.

Конструктивна безпека

Конструктивна безпека висотної споруди як системи «будова — фундамент — ґрунтова основа» визначається перш за все механічною міцністю та жорсткістю монолітного каркаса споруди в цілому та окремих її конструкцій і вузлів, а також її стійкістю при будівництві та експлуатації в реальних ґрунтових та гідрогеологічних умовах ділянки забудови. У розділі «Конструктивна частина» прийнята низка принципово нових будівельних норм для забезпечення передусім конструктивної безпеки висотної споруди як фізично великого об'єкта в буквальному розумінні і враховуючи рівень його відповідальності згідно з ДБН В.1.2-14:2008 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ [12].

Забезпечення механічної міцності, а також надійності висотної споруди за рівнем відповідальності в цілому здійснюється введенням у новий нормативний документ наступних норм:

- конструктивних, у тому числі:
 - застосування коефіцієнта надійності за відповідальністю споруди $=1,1$ при проектуванні будинків від 73,5 м до 100м;
 - нормативне обмеження співвідношення горизонтальних переміщень (амплітуди коливань) верхньої частини висотних будинків до їх висоти не більше $1/1000$;
 - обмеження відносної нерівномірності осідань висотної споруди при деформаціях ґрунтової основи не більше нормативного значення $0,002$;
 - обмеження прискорення коливань на рівні перекриття висотної споруди не більше $0,08 \text{ м/с}^2$ (із вимог психофізіологічного комфорту перебування людей на висоті);
- організаційних, шляхом проведення перевірочних розрахунків на стадії «Проект» або за завданням на проектування і на стадії «Робоча документація» іншою спеціалізованою організацією.

Що стосується обґрунтування норм, які забезпечують конструктивну міцність та жорсткість висотної споруди, то результати експериментальних досліджень у натурних умовах, а також результати моніторингу будівництва конкретних висотних об'єктів із різними конструктивними системами, здійснених за період 2003-2009, підтверджують їх коректність. Так, наприклад, при нормативному значенні співвідношення горизонтальних переміщень верхньої частини висотних будинків до їх висоти не більше $1/1000$ цей показник на різних об'єктах складав у межах $1/1250$ - $1/1700$ в залежності від висоти. Амплітуда коливань верхньої частини висотних будинків складає в межах 3-5см, що приблизно в 2-2,5 раза менше розрахункової в межах 6-10 см.

Загальний позитивний висновок щодо механічної міцності висотних споруд полягає в тому, що всі побудовані на даний час у м. Києві будинки заввишки 104 м – 139 м (8 житлових та 2 офісних) є достатньо міцними та надійними, а розрахунково-нормативна база є коректною. У той же час окремі розрахунки свідчать про значні резерви при конструюванні основних несучих конструкцій висотних споруд. Тому метою перевірочних розрахунків повинно бути не тільки підтвердження результатів основного розрахунку, а й оптимізація проектно-технологічних рішень для зменшення

матеріаломісткості споруди та її собівартості, враховуючи масштабність споруди. Для цього перевірочні розрахунки, як і передбачено новим нормативним документом, необхідно виконувати на стадії «Проект», що дасть можливість архітектору і конструктору враховувати всі пропозиції за результатами перевірочних розрахунків, а не після розроблення або затвердження проектної документації, а інколи і на стадії будівництва. Техніко-економічні розрахунки за результатами перевірочних розрахунків на деяких побудованих об'єктах показали можливість економії коштів тільки при влаштуванні монолітного каркаса на один будинок в межах 2-5 млн. грн.

Що стосується стійкості висотних будинків при спільній роботі з ґрунтовою основою, то результати геотехнічного моніторингу осідань та кренів фундаментної плити (споруди) також засвідчують про значні резерви при розрахунках та конструюванні як фундаментів, так і всієї підземної частини в цілому. Так, наприклад, загальна величина осідань за період будівництва і експлуатації протягом 2-3 років складає для різних об'єктів у межах 1,5-4 см при розрахункових деформаціях 8-15 см, хоча сама нормативна величина цього показника для висотних споруд взагалі не нормується. Головним нормативним показником для контролю процесу взаємодії висотної споруди із ґрунтовою основою, а також і головною небезпекою є нерівномірність осідань, враховуючи значний ексцентриситет висотної споруди та невивченість деформацій ґрунтів при навантаженнях, близьких до граничних. Заміри на висотних об'єктах показали, що відносна нерівномірність осідань складає на даний час момент у межах 0,0007-0,0013, що в 2-3 рази менше нормативного значення (0,002). На даний час на побудованих висотних спорудах продовжуються геодезичні спостереження щодо стабілізації процесів деформацій ґрунтової основи під ними. Однією з причин значних розбіжностей між розрахунковими та реальними деформаціями ґрунтової основи є широкий діапазон модуля деформації. Спираючись на результати натурних спостережень за осіданнями та їх нерівномірністю і в зв'язку з розвитком інструментальної та комп'ютерної бази і методів геотехнічного моніторингу, включаючи проведення спостережень за деформаціями в режимі реального часу, найбільш доцільним підходом при розрахунках фундаментів є оптимізація конструктивно-технологічних рішень з одночасним застосуванням су-

часних методів геотехнічного моніторингу для надійного контролю вищезазначених параметрів та вжиття своєчасних запобіжних заходів при виникненні наднормативних ситуацій.

З урахуванням цього вважаємо за доцільне для ведення постійного моніторингу за осіданнями будівлі та визначення навантажень на палі при проектуванні фундаментів закладати в конструкцію найбільш навантажених паль тензодатчики з розташуванням їх по глибині палі в межах шарів ґрунтів, що перетинає паля. Ця вимога має бути в подальшому унормована в Україні.

Другим, не менш важливим чинником при роботі висотного будинку з ґрунтовою основою є вплив нового будівництва на деформаційний стан оточуючих споруд у районах щільної забудови. Для збереження цілісності існуючих споруд (виключення появи вертикальних щілин у конструкціях будинків, особливо стінових, недопущення наднормативних осідань, кренів, зсувів будинків, зсування плит перекриттів тощо) у табл. 4.3 [1] вперше для нашої нормативної бази наведені норми максимально допустимих величин додаткових осідань ґрунтової основи та відносної різниці осідань для різних конструктивних схем існуючих споруд. Ці нормативи прийнято на основі результатів досліджень та рекомендацій [13] із врахуванням ущільнення ґрунтів під існуючою забудовою та стабілізації їх деформацій протягом тривалого періоду їх експлуатації.

Для збереження цілісності існуючої забудови нормативним документом передбачається обов'язково як розрахунок зони впливу (воронки осідань) нового будівництва та деформаційних показників ґрунтової основи під існуючою забудовою, так і проектування запобіжних заходів щодо недопущення руйнівних деформацій конструкцій оточуючих споруд, до яких можна віднести організацію поверхневого водовідведення або влаштування системи глибинного дренажу, глибоких огорож котлованів, підсилення основ та фундаментів існуючої забудови, влаштування поясів жорсткості тощо.

На стадії будівництва обов'язковим є також проведення моніторингу деформаційного стану та існуючих споруд із застосуванням різних методів, зокрема, і методів «активного» моніторингу для отримання даних спостережень у режимі реального часу з використанням комп'ютерної мережі. Така система «активного моніторингу» встановлена і діє на будівництві висотного Громадського центру

в м. Києві по вул. Шолуденка за технічною допомогою французької компанії «Sol Data» [14]. Причому, спостереження проводяться не тільки за оточуючими спорудами, а й наземними та підземними інженерними і транспортними комунікаціями. Необхідно відмітити, що за 5-7 років спостережень за спорудженням нових висотних будинків випадків руйнування оточуючої забудови не виявлено, хоча моніторинг висотних споруд та оточуючих будинків ще продовжується до повної стабілізації деформації ґрунтової основи.

При проектуванні підземної частини висотних будинків необхідно також звернути увагу на необ-

хідність проведення комплексних інженерно-геологічних досліджень, враховуючи можливість зміни гідрогеологічних умов ділянки в процесі будівництва та експлуатації. Як правило, висотні будинки проектується із розвинутою підземною частиною, що вимагає влаштування глибоких котлованів. Це може привести до зміни рівня підземних вод та параметрів гідрогеологічного режиму, і, як наслідок, «баражного» ефекту, послаблення анкерної системи кріплення огорож котлованів, виникнення суфозних процесів тощо. Тому, враховуючи рівень відповідальності висотних споруд та вплив їх на оточуючу забудову, проведення гідрологічних досліджень і спостережень

як на стадії інженерно-геологічних вишукувань, так і в процесі будівництва та експлуатації на визначений в проекті термін є обов'язковим.

Організаційна норма щодо проведення перевірок розрахунків запозичена із усталеної закордонної будівельної практики проектування таких складних споруд, як висотні і обумовлена складністю розрахунків статично невизначених конструктивних систем для монолітно – каркасних конструкцій, недостатнім обґрунтуванням можливих навантажень і впливів, динамічною поведінкою споруди, нелінійністю роботи окремих конструкцій і елементів споруди тощо. Як наслідок, це може привести до суб'єктивних помилок при проведенні складних розрахунків, що особливо небезпечно для таких відповідальних споруд, як висотні.

З метою унормування обсягів проведення перевірок розрахунків, які, як, правило, повинні виконуватись незалежними, краще спеціалізованими організаціями, що мають фахівців відповідної кваліфікації, Мінрегіонбудом України затверджено перелік основних розрахункових параметрів, наведених у таблиці 1.

Таблиця 1. Перелік контрольних параметрів перевірконого розрахунку висотних будинків конструктивної системи «Основа-фундамент-будова» для надання до комплексної державної експертизи на стадії «Проект»

№	Найменування контрольних параметрів	Одиниця виміру
1	Періоди власних коливань, <i>1 форма</i> <i>2 форма</i> <i>3 форма</i>	<i>c</i>
2	Максимальне прискорення верхнього поверху будівлі, <i>a</i>	<i>м/с²</i>
3	Горизонтальні переміщення вузлів будівлі, <i>X (+, -)</i> <i>Y (+, -)</i>	<i>мм</i>
4	Розрахункові зусилля в плиті фундаменту, <i>M_x (+, -)</i> <i>M_y (+, -)</i>	<i>тм/м</i>
5	Максимальне стискальне зусилля в palі, <i>N</i>	<i>(т)</i>
6	Максимальне стискальне зусилля в колонах нижнього поверху, <i>N</i>	<i>(т)</i>
7	Згинальні моменти в колонах нижнього поверху, <i>M_x (+, -)</i> <i>M_y (+, -)</i> <i>M_z (+, -)</i>	<i>(тм)</i>
8	Поперечні сили в колонах нижнього поверху, <i>Q_x (+, -)</i> <i>Q_y (+, -)</i>	<i>(т)</i>
9	Згинальні моменти в колонах верхнього поверху, <i>M_x (+, -)</i> <i>M_y (+, -)</i> <i>M_z (+, -)</i>	<i>(тм)</i>
10	Поперечні сили в колонах верхнього поверху, <i>Q_x (+, -)</i> <i>Q_y (+, -)</i>	<i>(т)</i>
11	Сумарне розрахункове навантаження на основу від всіх (вертикальних постійних і тимчасових) навантажень, <i>Σ P</i>	<i>т</i>
12	Відносна різниця осідань, <i>Δ_s / L</i>	
13	Величина осідань існуючих споруд у зоні впливу нового будівництва,	<i>мм</i>

Згідно з 4.41 ДБН В.2.2-24:2009 [1] порівняльна таблиця з результатами основного і перевірконого розрахунків надається до державної експертизи для їх оцінювання з точки зору забезпечення конструктивної безпеки споруди в цілому, її міцності, жорсткості та стійкості зокрема. Мінрегіонбудом України не регламентовано перелік організацій, які мають право виконувати перевірочні розрахунки, тому, виходячи із загальної практики, на думку розробників нормативного документа, такі розрахунки можуть виконувати проєктні організації, що мають ліцензії на конструювання несучих та огорожувальних конструкцій із застосуванням електронно-обчислювальних машин (шифр 2.04.06) для будинків і споруд I рівня відповідальності (I класу споруд за новою класифікацією).

Досвід виконання перших перевірочних розрахунків засвідчує, що їх запровадження є позитивною практикою в плані повноти і якості виконання основних конструктивних розрахунків та відповідальності проєктувальників з одного боку, і надійності результатів розрахунків шляхом їх перевірки (дублювання) більш кваліфікованою спеціалізованою, як правило, незалежною організацією, із використанням, за можливості, різних розрахункових моделей та програмно-обчислювальних комплексів із іншого боку.

Окремо слід відзначити порядок виконання перевірочних розрахунків при розробленні проєктів спільно із закордонними проєктними фірмами. У даному випадку вітчизняна проєктна організація виконує конструктивні розрахунки в процесі адаптації закордонної проєктної документації до українських будівельних норм, які також можуть бути визнані в статусі перевірочних. Тим більше, що такі розрахунки виконуються, як правило, з використанням різних розрахункових моделей та програмно — обчислювальних комплексів і збіжність результатів буде засвідчувати їх коректність та надійність.

Пожежна безпека

Аналіз виникнення та наслідків пожеж на висотних будинках, що сталися за останні роки у світі, а також моделювання різних сценаріїв їх розвитку виявляють такі основні чинники пожежної небезпеки:

— створення значної тяги для розвитку пожежі в зв'язку із значним перепадом тиску по висоті та

наявності вертикальних об'ємів (ліфтових шахт, сходових кліток, атріумів тощо) і, як наслідок, швидке розповсюдження вогню та заповнення внутрішнього простору шкідливими для здоров'я продуктами горіння;

— горючість оздоблювальних матеріалів, які використовуються для зовнішніх фасадних систем, внутрішніх приміщень, меблів тощо.

Для забезпечення пожежної безпеки висотних будинків розроблена удосконалена концепція, яка полягає у запровадженні цілого комплексу саме внутрішньобудинкових протипожежних заходів, основними з яких є поділ будинку на протипожежні відсіки, підвищення вогнестійкості основних несучих конструкцій (до трьох годин) та інших матеріалів і кабельної продукції, влаштування не менше двох евакуаційних виходів, автоматизованої системи протидимного захисту та ще ціла низка інших технічних протипожежних заходів, що в комплексі створює можливості для підвищення пожежної безпеки у висотних будинках. Але справа полягає в іншому. Забезпечення пожежної безпеки за допомогою внутрішніх протипожежних засобів повинно здійснюватися технічним та обслуговуючим персоналом висотного будинку, із складу якого формується власна пожежна служба (пожежна дружина). Для них розробляються відповідні інструкції щодо технічного обслуговування протипожежних систем та технічних засобів пожежогасіння, оперативного реагування на виникнення пожежі, дій щодо ліквідації пожежі та безпечної евакуації людей. Але для жодного із введених в експлуатацію висотних будинків ці інструкції з пожежної безпеки не розроблені, пожежні служби (дружини) із числа технічного та обслуговуючого персоналу не сформовані, навчання не проводяться, система профілактичного обслуговування технічних засобів пожежогасіння не відпрацьована, що при виникненні пожежі може призвести до непередбачуваних наслідків. Застосування зовнішніх протипожежних засобів (пожежних машин, вертольотів, рукавів тощо) згідно із закордонним досвідом може бути лише додатковою допомогою. Крім того, технічні можливості пожежних машин, зокрема висота пожежної драбини (до 50 м) для висотних будинків, що експлуатуються (висотою до 140 м), взагалі є обмеженими, і відповідно, малоефективними. Враховуючи вищевикладене, можна констатувати, що рівень пожежної безпеки висотних бу-

динків на даний час є нижчим, ніж звичайних (меншої висоти) через організаційно-технічні причини, тобто невідповідності служб управління висотними будинками щодо дій із забезпечення пожежної безпеки і недостатніх технічних можливостей зовнішніх пожежних служб. Необхідно для всіх введених в експлуатацію висотних будинків терміново розробити інструкції з пожежної безпеки, сформувати внутрішні пожежні служби (пожежні дружини) із числа технічного і обслуговуючого персоналу та провести їх навчання. Це завдання на даному етапі необхідно вирішити спільними зусиллями власників висотних будівель при безпосередній участі і контролі Департаменту пожежної безпеки МНС України та за допомогою Мінрегіонбуду і Мінжитлокомунгоспу України.

Безпека експлуатації

Особливо технічно складним у висотних будинках є інженерне обладнання, що включає системи життєзабезпечення (вода,- тепло,- електро,- газопостачання), ліфтове господарство, системи протипожежного захисту, телекомунікаційні системи, системи зв'язку, інформатизації тощо. У сучасних висотних будинках кількість таких систем досягає 30, а в так званих «високоінтелектуальних» – до 60. Наприклад, нещодавно введений в експлуатацію 36-поверховий житловий будинок у м. Києві має один центральний та шість індивідуальних теплових пунктів, три насосні станції, 35 електрощитових, розвинуте вентиляційне обладнання, автономну дизель-електростанцію, автоматизовану систему моніторингу та управління, системи пожежної безпеки та інше обладнання, обслуговування якого здійснюється технічним та обслуговуючим персоналом у кількості 53 чоловік. Для забезпечення ефективної експлуатації інженерного обладнання в таких обсягах і такої технічної складності в нормах передбачається розроблення експлуатаційної документації (проекту експлуатації) для кожного конкретного висотного будинку. Ця документація згідно з нормативними вимогами повинна розроблятися у складі проектної документації на стадії «Робоча документація» у вигляді окремих інструкцій із кожного виду інженерного обладнання або системи. Набір таких інструкцій складає технічну базу для будинкових служб експлуатації або спеціалізованих експлуатаційних організацій. На жаль, такі технічно

складні споруди приймаються в експлуатацію без відповідної експлуатаційної документації, незважаючи на те, що її розроблення є обов'язковою нормою. Однією з причин такої ситуації є те, що ця документація згідно з нормативними вимогами повинна розроблятися на стадії «Робоча документація», тобто після проходження експертизи проекту на стадії «Проект», а в правилах приймання будинків в експлуатацію не внесено відповідних змін щодо необхідності експлуатаційної документації і ситуація залишається неконтрольованою. У результаті висотні будинки приймаються в експлуатацію без відповідної документації, що може привести як до локальних аварійних ситуацій, так і до некерованості всього комплексу інженерного оснащення висотного будинку, а в гіршому випадку, зупинення функціонування його основних систем життєзабезпечення людей (вода,- тепло,- і електропостачання) та виходу їх із ладу на довгий період, що особливо небезпечно в зимовий період, зважаючи на масштаб споруди.

Крім обов'язкового розроблення експлуатаційної документації, що вже передбачено новим нормативним документом для висотних споруд [1], підлягає розвитку та вдосконаленню також і нормативно-технічна база з цього питання. Зокрема, необхідною є підготовка нового нормативного документа щодо типової структури та змісту експлуатаційної документації для розроблення в складі проектної документації та типових правил технічної експлуатації всіх інженерних систем та обладнання і їх обслуговування.

Крім того, з метою забезпечення безпеки терміновим завданням для введених в експлуатацію висотних будинків є також облаштування їх системами світломаркування відповідно до чинних авіаційних правил та організація належного їх обслуговування за допомогою організацій, які спеціалізуються на цьому виді робіт.

Науково-технічний супровід

Згідно з вимогами документа ДБН В.2.1.2-5:2007 «Науково-технічний супровід будівельних об'єктів» [10] висотні будинки (вище 73,5м) підлягають обов'язковому науково-технічному супроводу із розробленням відповідних програм. Програми розробляються безпосередньо проектними організаціями або базовими профільними науково-дослідними організаціями та затверджуються замовником, що відповідає також і закордонній

будівельній практиці. Науково-методичною основою для розроблення таких програм можуть бути використані як вимоги ДБН В.1.2-5:2007 «Науково-технічний супровід будівельних об'єктів», так і ДБН В.2.2-24:2009 «Проектування висотних житлових і громадських будинків», де достатньо детально наведено перелік необхідних робіт для складання цих програм. Ці роботи стосуються проблем, які недостатньо врегульовані в нормативній документації або недостатньо обґрунтовані в проектній документації та які можуть виникнути на різних етапах життєвого циклу будівельної споруди.

До основних із них слід віднести оптимізацію конструктивних схем об'єкта, відпрацювання конструктивних, технологічних та інженерних рішень, контроль якості будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, а також процесу будівництва, особливо із застосуванням сучасних інструментальних методів і приладів тощо. Склад робіт із науково-технічного супроводу повинен включати також і роботи із моніторингу будівництва висотних будинків та окремих його конструкцій і елементів, аналізу його результатів і своєчасного реагування на негативні процеси з метою забезпечення надійності та безпеки цих технічно складних споруд.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.2-24:2009 *Проектування висотних житлових і громадських будинків*, 2009, Київ.
2. ДБН В.1.2-5:2007 *Науково-технічний супровід будівельних об'єктів*, 2007, Київ
3. МГСН 4.19.2005 *Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве*, 2005, Москва.
4. ТСН 31.332-2006 *Жилые и общественные высотные здания*, 2006, Санкт-Петербург.
5. *Руководство по высотным зданиям*. Под редакцией С.В. Николаева, 2006, Германия-Россия.
6. Директива Европейского Союза № 89/106 ЕЕС от 21.10.1988г.
7. *Современное высотное строительство*, 2006г. Под редакцией С.В. Николаева, Россия.
8. ДБН 2.2-15-2005 *Житлові будинки. Основні положення*, 2005, Київ
9. ДБН 2.2-9-99 *Громадські будинки і споруди. Основні положення*, 2005, Київ
10. ДБН А.2.2-3-2004 *Склад, порядок розроблен-*

ня, погодження та затвердження проектної документації для будівництва.

11. ДБН В.1.2-2:2006 *Навантаження і впливи. Норми проектування*, 2006, Київ

12. ДБН В.1.2-14:2008 *Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ.*

13. *Деформация сооружений при их возведении в условиях плотной застройки Санкт-Петербург. Фадеев А.Б. и др. Будівництво. Наука. Проекти. Економіка*, 2008 – №1 (19).

14. *Проектирование и строительство высотного общественного центра. А.С. Богдан, А.А. Франковский «Жилищное строительство»*, 2009 – №11.

АННОТАЦИЯ

В статье приведен анализ годичного опыта применения нового нормативного документа по высотному строительству, введенного в действие в 2009 году, в частности, по вопросам конструктивной, пожарной и эксплуатационной безопасности, а также организации научно-технического сопровождения строительства высотных объектов. Приведены результаты натурных исследований прочностных параметров при строительстве высотных объектов для обоснования принятых норм. В статье обращено внимание на проблемы и недостатки в обеспечении пожарной и эксплуатационной безопасности высотных зданий и даны соответствующие предложения.

Ключевые слова: высотное строительство, строительные нормы, конструктивная безопасность, пожарная безопасность, безопасность эксплуатации, научно-техническое сопровождение.

ANNOTATION

This paper deals with review of annual experience in application of new building code for high-rise buildings introduced in 2009. The issues of structural safety, fire safety, operating safety and scientific-technical support for erection of high-rise buildings are considered. The paper presents results of actual tests for strength parameters during construction of high-rise buildings in order to validate accepted building code. The special attention is given to problems and drawbacks in providing fire and operating safety for high-rise buildings and appropriate suggestions are made.

Key Words: High-rise buildings, building codes, structural safety, fire safety, operating safety, scientific-technical support.

УДК 721.011.27 (083.75)

*А.А. Франівський, к.т.н.;**В.П. Максименко, к.т.н.;**П.В. Войтенко м.н.с., НДІБВ, Київ*

ЗАГАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО РОЗРАХУНКУ ВИСОТНОГО МОНОЛІТНО-КАРКАСНОГО БУДИНКУ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ НОВОГО НОРМАТИВНОГО ДОКУМЕНТА «ПРОЕКТУВАННЯ ВИСОТНИХ ЖИТЛОВИХ І ГРОМАДСЬКИХ БУДИНКІВ»

АНОТАЦІЯ

У статті наведено додаткові вимоги (норми) до проектування висотних будинків згідно з новим нормативним документом. Викладена загальна методика проведення перевірного розрахунку, в тому числі і на опір прогресуючому обваленню для конкретного об'єкта, а також наведено його результати та програмне забезпечення для автоматизованого виконання розрахунків і проектування.

Ключові слова: висотне будівництво, монолітно-каркасний будинок, нормативні вимоги, перевірений розрахунок, прогресуюче обвалення, програмне забезпечення, результати розрахунків.

Новий нормативний документ «Проектування висотних житлових і громадських будинків» (ДБН В.2.2-24: 2009) [1] включає низку додаткових вимог до розрахунку і проектування висотних будівель, що відносяться до першого підвищеного рівня відповідальності. Ці вимоги сформульовані в наведених нижче пунктах.

1. Проектування висотних житлових і громадських будинків виконується з урахуванням додаткових вимог до їх надійності, зокрема, із застосуванням коефіцієнта 1,1 за відповідальністю для будинків заввишки від 73,5 м до 100м включно.

2. Проектування будівель заввишки понад 100 м, виконується для об'єктів експериментального будівництва з розробленням індивідуальних технічних вимог, які затверджуються для кожного об'єкта Мінрегіонбудом України з наступним науково-технічним супроводом відповідно до вимог ДБН В. 1. 2-5:2007 [2].

3. Проектування і будівництво будинків вище 73,5 м на територіях сейсмічністю 5 і 6 балів виконується за шкалою MSK-64, а 7 балів і вище — відповідно до нових вимог ДБН В.1.1-12:2006 [3] та ДБН В.2.2-24:2009 [1] із застосуванням більш високого значення коефіцієнта динамічності, що визначається за новим графіком, наведеним на рис. 4.1, та його значеннями, наведеними в табл. 4.2 п. 4.16 нового нормативного документа [1]. При цьому при проектуванні висотних будинків зі змішаним каркасом (із залізобетонних і сталевих елементів) необхідно враховувати їх частку впливу в загальній конструктивній системі будинку шляхом використання коефіцієнта дисипації, що також визначається за формулами, наведеними у 4.17 ДБН В.2.2-24: 2005 [1].

4. Для висотних будівель обов'язковим є три стадії проектування. При цьому вже на стадії «П» виконується основний розрахунок монолітного каркаса будівлі як конструктивної системи «ґрунтова основа — фундамент — будова» з визначенням дії навантажень (зусиль, моментів та напружень), міцності основних несучих конструкцій (паль, фундаментної плити, колон і перекриттів), а також деформаційних характеристик ґрунтової основи (величини осідань та їх нерівномірності) як для нового будівництва, так і для оточуючої забудови. При цьому обов'язковою вимогою є виконання другого перевірного розрахунку в тому ж обсязі іншою незалежною організацією, яка має ліцензію на проектування будинків I рівня відповідальності. Результати двох розрахунків зводяться в порівняльну таблицю, яка у складі проектної документації надається для проходження експертизи з допустимою розбіжністю цих результатів не більше 10%.

5. Зона впливу висотної споруди на існуючу забудову визначається розрахунком деформацій ґрунтової основи на стадії «П» з розробленням комплексу заходів щодо забезпечення цілісності оточуючої забудови, а також інженерної та транспортної інфраструктури. У проектній документації повинен бути розроблений спеціальний розділ з обстеження технічного стану існуючих споруд із подальшим геотехнічним моніторингом нового будівництва та прилеглої території з існуючою забудовою і комунікаціями в рамках науково-технічного супроводу висотного об'єкта. При цьому в новому документі вперше в нормативній базі введені максимально допустимі значення додаткових

осідань ґрунтової основи існуючих будинків для різних конструктивних систем, які потрібно враховувати при розрахунку впливу нового будівництва (табл. 4.3.ДБН В.2.2-24: 2009 [1]).

6. При перевірочному розрахунку обов'язковою нормою є перевірка конструктивної системи будівлі на опір прогресуючому обваленню у разі виникнення аварійних ситуацій, тобто коли локальне пошкодження або руйнування окремих конструкцій у межах поверху площею до 80 м² включно з руйнуванням одного несучого вертикального елемента (колони, пілона) не повинно призвести до обвального руйнування всієї будівлі в цілому. При цьому в окремих елементах конструкцій допускається розвиток тріщин і пластичних деформацій в арматурі. Аварійні (наднормативні) дії можуть бути викликані пожежею, вибухом газу, при наїзді автотранспорту, здійсненні терактів і інших непередбачуваних ситуацій, або природними явищами (землетруси, урагани, зсуви, нерівномірні деформації ґрунтів, зміни гідрогеологічних умов і тощо).

Апробація наведених вище норм виконана на прикладі перевірочного розрахунку житлового будинку заввишки 112 м.

Висотна будівля являє собою 30-поверхову споруду баштового типу прямокутної форми в плані із розмірами 56,4 м x 27,4 м. Конструктивна система будинку виконана у вигляді монолітного залізобетонного каркаса, що складається з колон завтовшки 0,7 м x 0,7 м, 0,8 м x 0,8 м, об'єднаних по висоті монолітними плитами перекриттів завтовшки 0,2; 0,25 м. Ядро жорсткості сформовано двома симетрично розташованими ліфтовими шахтами і двома сходовими клітками. Рівномірно по висоті розташовано технічні поверхи (3, 15 і 28). У підземній частині будівлі запроектовано однорівневий паркінг.

Ґрунтову основу складено з природних пісків різної крупності, у тому числі у верхній частині з насипних і наливних шарів піску. Тип фундаментів — плитно — пальовий. Конструкція фундаментів складається з пальового поля в кількості 486 паль

діаметром 620 мм і фундаментної плити завтовшки 1,25 м.

Розрахункова модель просторової схеми монолітного каркаса була виконана в підсистемі (ПС) «КОМПОНОВКА» програмного комплексу (ПК) «МОНОМАХ 4.5» і проекспортована в програмний комплекс «ЛІРА-Windows 9.6» для подальших розрахунків. Визначення розрахункового армування в елементах каркаса виконано в підсистемах: — ПС «ПЛИТА», ПС «РОЗРІЗ», ПС «КОЛОНА» ПК «МОНОМАХ 4.5».

Розташування паль, колон, діафрагм, балок прийнято згідно з планами поверхів, наданих замовником. Розрахункові навантаження на елементи конструкцій прийняті у відповідності з завданням на проектування, затвердженим замовником.

Несуча спроможність палі, яка була прийнята для розрахунків, складає 256 тс із прогнозовою піддатливістю до 2 см.

Розрахунок виконано із застосуванням методу скінченних елементів (МСЕ) на сумарні постійні, довготривалі і короточасні навантаження, а також граничні і експлуатаційні, вітрові та сейсмічні навантаження при коефіцієнті надійності за відповідальністю 1.1.

Вихідні дані для проведення розрахунків наведені в таблицях 1, 2, 3, 4 і 5.

Таблиця 1. Матеріали конструктивних елементів каркаса

Конструктивні елементи каркаса	Клас бетону	Клас арматури
Фундаментна плита	Не нижче ніж В30	АІІ для Ø32, Ø36 мм згідно зі СНиП 2.03.01-84
Пілони, колони, балки плити перекриття (покриття), стіни	Не нижче ніж В30 Важкий групи А	A240С, A500С згідно зі ДСТУ 3760-98

Таблиця 2. Конструктивні розміри елементів каркаса

№	Найменування параметрів	Величина, м
1	Товщина фундаментної плити	1,25
2	Товщина плит перекриття на 1-2-му поверхах	0,25
3	Товщина плит перекриття на 3-29-му поверхах	0,2
4	Товщина плити покриття	0,2
5	Товщина стін	0,2, 0,25, 0,3 ;
6	Переріз балок	0,4x0,5, 0,5x0,8,
7	Переріз несучих колон	0,5x0,8, 0,6x0,7, 0,7x0,7, 0,8x0,8,
8	Висота підземного паркінгу, 1-го та 2-го поверхів	4,3, 4,5, 4,5
9	Висота 3-29-го поверхів	3,3
10	Висота 30-го поверху	4,9

Таблиця 3. Склад основних розрахункових вертикальних навантажень

№	Найменування параметрів	Величина, одиниця виміру
1	Власна вага несучих конструкцій (визначається за об'ємною вагою залізобетону з урахуванням коефіцієнта перенавантаження 1,1)	2,75 тс/м ³
2	Розрахункове навантаження фундаментної плити паркінгу на відмітці 4,3м, в тому числі: вага конструкцій підлоги довготривале навантаження короткочасне навантаження	0,6 тс/м ² 0,2 тс/м ² 0,2 тс/м ² 0,2 тс/м ²
3	Розрахункове навантаження на плиту перекриття паркінгу та перших двох поверхів, в тому числі: вага конструкцій підлоги довготривале навантаження короткочасне навантаження	0,88 тс/м ² 0,2 тс/м ² 0,2 тс/м ² 0,48 тс/м ²
4	Розрахункове навантаження від конструкцій підлоги, перегородок та короткочасного навантаження на плити типового перекриття, в тому числі: вага конструкцій підлоги довготривале навантаження короткочасне навантаження	0,6 тс/м ² 0,2 тс/м ² 0,2 тс/м ² 0,2 тс/м ²
5	Корисне навантаження в ліфтових холах	240 кг/м ²
6	Корисне навантаження на балконах і лоджіях	360 кг/м ²
7	Розрахункове навантаження від зовнішніх стін на плити 1-2-го поверхів	2,6 тс/п.м
8	Розрахункове навантаження від зовнішніх стін на плити перекриття 3-30-го поверхів	2,0 тс/п.м
9	Розрахункове навантаження на плиту покриття, в тому числі: снігове навантаження навантаження від конструкції покрівлі	0,4 тс/м ² 0,2 тс/м ² 0,2 тс/м ²

Таблиця 4. Склад основних характеристик горизонтальних вітрових навантажень (згідно з ДБН В.1.2-2:2006) [4]

Найменування параметрів	Величина, одиниця виміру
Вітровий район	«2»
Тиск (W_d)	0,045 тс/м ²
Тип місцевості	«П»
Коефіцієнт географічної висоти C_{gh}	1,0
Коефіцієнт динамічності C_d	1,2
Коефіцієнт надійності за експлуатаційним значенням Y_{fc}	0,21

На рис. 1 наведена просторова (3Д) та розрахункова схеми будинку з використанням МСЕ, які виконані в ПС «КОМПОНОВКА», ПК «МОНО-МАХ 4.5» та ПС «Ліра-Монтаж». Для одержання достовірних даних про напружено-деформований стан (НДС) висотного будинку розрахунок виконано з урахуванням стадійності його зведення у відповідності з [1].

На рис. 2 наведена розрахункова схема (МСЕ) каркаса будинку на постійні, довготривалі, короткочасні, вітрові і сейсмічні навантаження (за

спектральним методом) в ПС «КОМПОНОВКА» з урахуванням реальної несучої спроможності пальового поля і шести стадій монтажу каркаса.

Визначення реакцій, огинаючих реакцій в палях та армування фундаментної плити виконано в ПС «Плита» (рис.3).

Для розрахунку на сейсмічне навантаження прийнята рамно-в'язева схема будинку. При цьому враховується ефект закручування будівлі, викликаний незбіжністю центра жорсткості каркаса з центром прикладання мас.

Таблиця 5. Склад основних характеристик сейсмічних навантажень

Найменування параметрів	Величина
Розрахункова сейсмічна інтенсивність згідно з ДБН В.1.1-12:2006 [3]	6,0
Гранична сейсмічна інтенсивність згідно з ДБН В.2.2-24:2009 [1]	6,0
Відносне прискорення ґрунту в долях від g	0,05
Категорія ґрунту за сейсмічними властивостями	«II»
Коефіцієнт непружних деформацій K_1	0,3
Коефіцієнт відповідальності споруди K_2 згідно з ДБН В.1.1-12:2006 [3]	1,0
Коефіцієнт відповідальності споруди K_2 згідно з ДБН В.2.2-24:2009 [1]	1,1
Коефіцієнт нелінійного деформування ґрунту $K_{\text{гр}}$	1,0

Таблиця. 6. Результати загального розрахунку монолітного каркаса висотної споруди як конструктивної системи «ґрунтова основа – фундамент – будівля» в обсязі параметрів, прийнятих для перевірконого розрахунку

Найменування параметрів	Одиниця виміру	Величина
Періоди власних коливань 1-а форма 2-а форма 3-я форма	с.	4,1156 3,6452 3,3937
Максимальне прискорення верхнього поверху споруди (при коефіцієнті надійності за навантаженням - 0,7)	m/c^2	0,065
Максимальні горизонтальні переміщення верху споруди при граничному вітровому навантаженні згідно з ДБН В.1.2.2-2006	мм	144,36 -18, 130 (max, X, Y)
Максимальні горизонтальні переміщення верху споруди при експлуатаційному вітровому навантаженні	мм	70,06 -59, 24(max, X, Y)
Максимальні горизонтальні переміщення верху споруди при сейсмічному навантаженні згідно з ДБН В.1.1-12:2006	мм	202,2 70, -170 (max, X, Y)
Максимальні горизонтальні переміщення верху споруди при граничному сейсмічному навантаженні згідно з ДБН В.2.2-24:2009	мм	400,0 240, 320 (max, X, Y)
Максимальні зусилля R_z в палях при основному РСН (постійні + тривалі + короточасні)	тс	-122, -223
Максимальні зусилля R_z в палях при сейсмічних навантаженнях згідно з ДБН В.1.2.2-2006 (спектральний метод)	тс	-84, -280
Максимальні зусилля R_z в палях при сейсмічних навантаженнях згідно з ДБН В.2.2-24:2009 (спектральний метод при $k_n=1.1$)	тс	-63, -305
Максимальна різниця осідань фундаментної плити згідно з ДБН В.1.1-12:2006	мм	12,3 (-10,1, -22,4)
Максимальна різниця осідань фундаментної плити згідно з ДБН В.2.2-24:2009	мм	22,3 (-3,7, -26,0)
Максимальні відносний перекіс фундаментної плити при граничному сейсмічному навантаженні згідно з ДБН В.1.1-12:2006		0,00055
Максимальні відносний перекіс фундаментної плити при граничному сейсмічному навантаженні згідно з ДБН В.2.2-24:2009		0,001
Максимальні моменти в фундаментній плиті $\pm M_x$,	m^*m	348, -237
Максимальні моменти в фундаментній плиті $\pm M_y$	m^*m	243, -237
Максимальні перерізуючі сили в фундаментній плиті $\pm Q_x$	тс	961, -916
Максимальні перерізуючі сили в фундаментній плиті $\pm Q_y$	тс	896, -978
Максимальні зусилля N в колонах першого поверху	тс	66,38, -1405,18
Максимальні моменти M_y в колонах першого поверху	m^*m	77,59, -128,59
Максимальні моменти M_z в колонах першого поверху	m^*m	88,94, -89,78
Максимальні крутні моменти M_k в колонах першого поверху	m^*m	4,11, -5,48

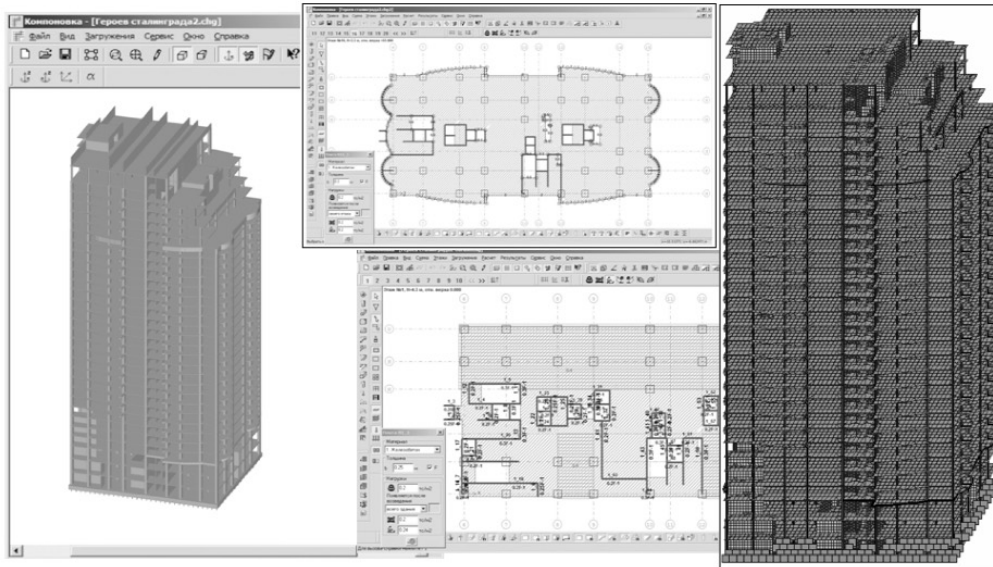


Рис.1. Просторова 3Д і розрахункова схема будинку та плани поверхів у ПС «КОМПОНОВКА»

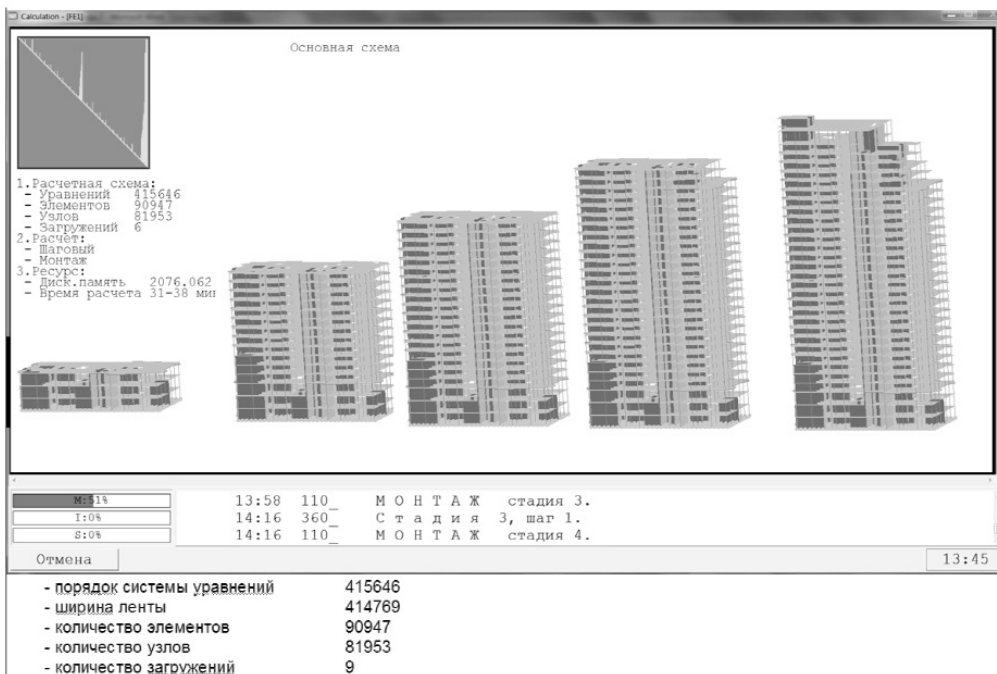


Рис.2 Розрахункові схеми каркаса будинку з урахуванням стадійності монтажу в ПС «КОМПОНОВКА» і ПС «ЛІРА-МОНТАЖ»

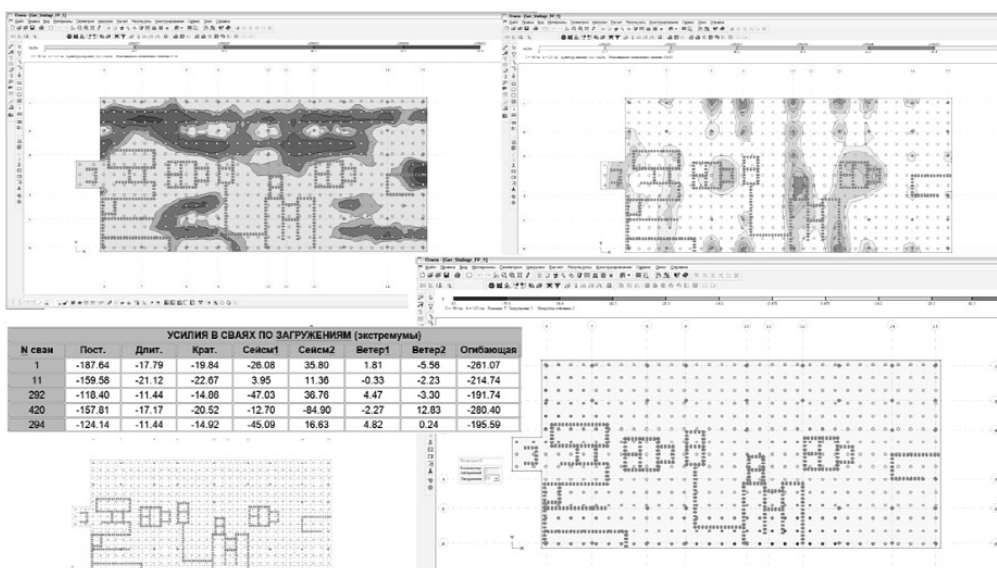


Рис.3 Реакції та огинаючі реакції в палях і розрахункове армування фундаментної плити в ПС «ПЛИТА»

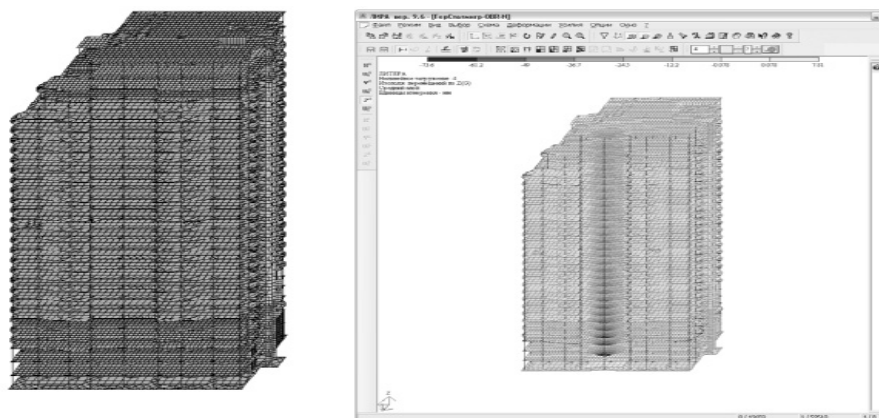


Рис.4 Схема (МСЕ) каркаса і непружні деформації при руйнуванні колони в ПС «ЛІРА-МОНТАЖ+»

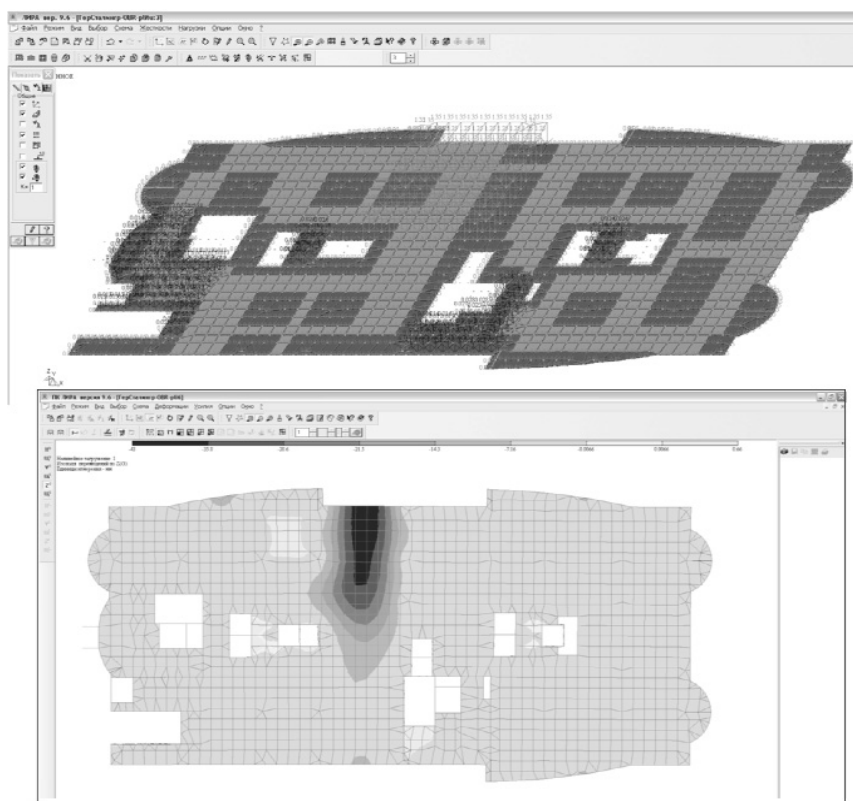


Рис.5 Схема (МСЕ) при обваленні дільнянки плити і непружні деформації

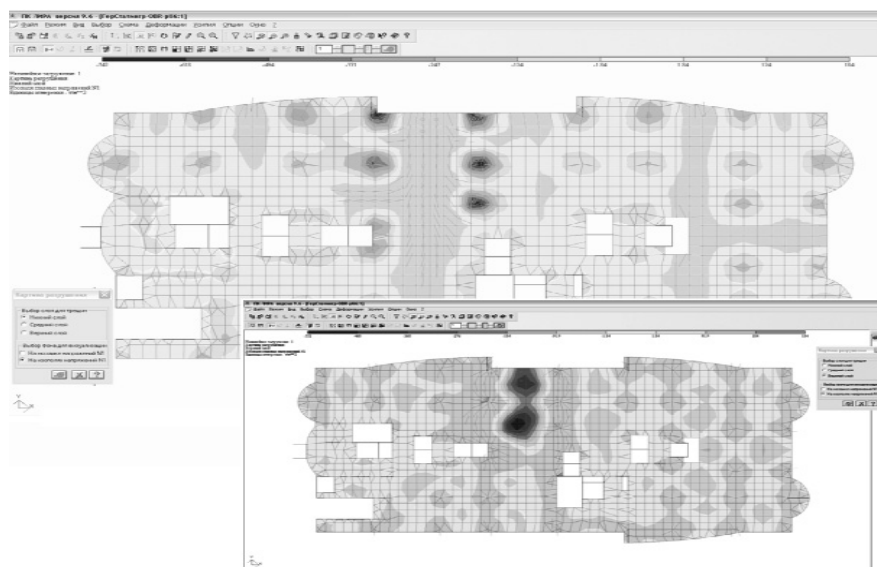


Рис.6 Схема розвитку верхніх та нижніх тріщин у плиті в ПС «ЛІРА-СТЕП»

У табл. 6 наведені результати загального розрахунку монолітно-каркасного будинку в обсязі параметрів, прийнятих для перевірного розрахунку.

Аналіз результатів розрахунків найбільш важливих параметрів та порівняння їх з нормативними значеннями, наданими в ДБН В.2.2-24:2009 [1], засвідчує достатню міцність та жорсткість конструктивної схеми висотної будівлі і основних несучих конструкцій, а також стійкість споруди при спільній роботі з ґрунтовою основою.

Так, наприклад, максимальне прискорення верху будівлі при експлуатаційних вітрових навантаженнях із коефіцієнтом надійності 0,7 складає $0,065 \text{ м/с}^2 < [0,08 \text{ м/с}^2]$ [1].

Максимальні горизонтальні переміщення для верхнього поверху будинку визначались для двох напрямків вітрових навантажень: вітер 1 – 0°; вітер 2 – 90°.

Горизонтальні переміщення верху будинку на висоті (H=106,0м) від вітрових експлуатаційних навантажень (вітер 2) при коефіцієнті перевантаження 1,4 з урахуванням статичної і пульсаційної складової складає 70,06мм 70,1 мм.

$$\frac{f}{H} = \frac{0,0701}{106,0} = \frac{1}{1512} < \left[\frac{1}{1000} \right],$$

що менше допустимих відносних максимальних горизонтальних переміщень верху каркаса (f/H) – 1/1000: згідно з ДСТУ Б В.1.2-3:2006 [5].

Горизонтальні переміщення верху будинку на висоті (H = 106,0м) від вітрових граничних навантажень (вітер 2) при коефіцієнті перевантаження 5,4 з урахуванням статичної та пульсаційної складової складають 14,44 см, що також менше допустимих відносних максимальних горизонтальних переміщень верху каркаса (f/H) згідно з ДСТУ Б В.1.2-3:2006 [5], які складають 1/500 :

$$\frac{f}{H} = \frac{0,1444}{106,0} = \frac{1}{734} < \left[\frac{1}{500} \right].$$

Таким чином, жорсткість монолітного каркаса висотного будинку, як на експлуатаційні, так і на граничні вітрові навантаження забезпечується.

Максимальні горизонтальні переміщення для верхнього поверху висотного житлового будинку (H=110,3м) розраховані для двох форм сейсмічних навантажень:

сейсміка 1 – сейсмічний поштовх (0°) і сейсміка 2 – сейсмічний поштовх (90°) при розрахунку за спектральним методом становлять 20,2см і не перевищують нормативних максимальних відносних переміщень згідно з ДБН В.1.1-12:2006 [3].

Таким чином, жорсткість монолітного каркаса висотного будинку на граничні сейсмічні навантаження також забезпечується.

У цілому результати перевірного розрахунку, виконаного для реального об'єкта заввишки 112м підтвердили коректність результатів основного розрахунку, а також виявили можливість економії матеріалів (бетону і арматури) при конструюванні вертикальних несучих елементів, зокрема колон.

Необхідність і корисність перевірного розрахунку полягає не тільки в підтвердженні коректності та надійності основних розрахунків, виконаних проектною організацією, а також і оптимізації проектно-конструктивних рішень з метою зниження собівартості будівництва.

Крім виконання статичного та динамічного розрахунку висотного будинку як конструктивної системи обов'язковою нормою, як зазначалось вище, є проведення розрахунків на опір прогресуючому обваленню з використанням результатів загального перевірного розрахунку та його розрахункової моделі.

При виконанні цих розрахунків необхідно прибрати до уваги умовність вихідних положень, до яких слід віднести:

- відсутність достовірної інформації про причину, місце та характер виникнення процесу руйнування;

- реальні параметри граничних руйнівних деформацій матеріалів, як правило, відрізняються від нормативних міцнісних показників, у зв'язку з чим у розрахункових комплексах (наприклад, Ліра-Монтаж), крім нормативних показників міцності бетону та арматури, передбачається введення розрахункових значень, отриманих за результатами натурних спостережень [6]. Таким чином, у результаті числового моделювання аварійної ситуації можна отримати якісну оцінку стійкості конструктивної системи на опір прогресуючому обваленню, а також порівняти декілька можливих сценаріїв обвалення з метою виявлення найбільш слабких місць всієї конструкції будинку.

Оскільки передбачити всі можливі варіанти аварійних впливів неможливо, тому ключовим моментом у розрахунках на аварійне обвалення є

вибір та затвердження спільно з конструктором і замовником можливих сценаріїв обвалення, максимально наближених до реальних умов розташування об'єкта на місцевості, в тому числі:

- при розташуванні будинку поряд із транспортними шляхами розрахунок споруди виконується при вилученні крайніх колон, якщо їх переріз не перевищує для залізобетонних елементів зазначену в ДБН В.2.2-24:2009 [1] площу (0.9м^2);
- за наявності площадки для гелікоптера розрахунок виконується на обвалення ділянки плити;
- за наявності в споруді або поряд газового обладнання (котельні) станцій виконується розрахунок на вибух газу;
- за наявності підпірних стін та інших захисних споруд розрахунок виконується на руйнацію ділянки цих споруд.

При розрахунку висотного будинку на опір прогресуючому обваленню необхідно врахувати загальні вимоги ДБН В.2.2-24:2009 [1] (Додаток Е), у яких:

- допускається руйнація площі перекриття з іншими елементами до 80м^2 ;
- переріз залізобетонних елементів, які видаляються, не повинен бути більше $0,9\text{м}^2$, що означає, що пілон перерізом $0,4\text{ м} \times 2,3\text{ м}$ не може бути повністю зруйнований;
- переріз фібробетонних елементів, які видаляються, повинен бути не більше $0,7\text{м}^2$;
- переріз жорсткої арматури, яка видаляється, не повинен бути більше 15%;
- перекриття висотної споруди повинно бути розраховано на сприйняття навантаження від ділянка вищерозташованого перекриття площею до 80м^2 з коефіцієнтом динамічності 1,5.

Оскільки в багатьох дослідженнях відмічається, що неможливо запроектувати і побудувати споруду абсолютно безпечною і при цьому не врахувати вартість запобігання аварійним ситуаціям, необхідно прагнути вирішувати ці питання найбільш економічними способами, в тому числі:

- застосуванням раціональних конструктивно-планувальних рішень з урахуванням можливих аварійних ситуацій та технічних засобів, як, наприклад, встановлення газоаналізуючих датчиків і клапанів скидання можливого надмірного тиску в приміщеннях з газовим обладнанням та інших приладів;
- застосуванням спеціальних технічних рішень, що забезпечують вогнестійкість основних несучих конструкцій (достатній захисний шар бетону, зас-

тосування спеціальних термостійких покриттів конструкцій);

- забезпеченням сейсмічної стійкості споруди за рахунок застосування різних демфуючих пристроїв;
- застосуванням матеріалів та конструктивних рішень, які забезпечують розвиток в елементах конструкцій та з'єднань пластичних деформацій;
- забезпеченням достатньої довжини анкерування арматури для її роботи як зв'язків при зсуві;
- забезпеченням мінімальної площі поздовжньої і поперечної арматури в покриттях і перекриттях, яка повинна бути не менше 0,25% від площі бетону.

При розрахунку будівель на сейсмічні впливи згідно ДБН В.2.2-24:2009 [1] і за синтезованими акселограмами [3] необхідно враховувати реальну фізично нелінійну роботу залізобетону з тріщинами, інакше при лінійному розрахунку ми отримаємо суттєво завищені зусилля в елементах конструкцій.

Для оцінки стійкості даного висотного будинку на опір прогресуючому обваленню, для якого виконано наведений вище перевірений розрахунок, розглянемо умовно наступний сценарій руйнування, який включає:

- руйнування однієї із найбільш навантажених колон з перерізом $0,8\text{ м} \times 0,8\text{ м}$ в середній частині будинку, на яку спирається плита перекриття із максимальним прольотом 8 м (рис.4).
- руйнування ділянки монолітної плити завтовшки 22 см на площі 80м^2 (рис 5).

У першому наближенні виконується розрахунок плити в лінійній постановці із заниженням модуля пружності до $0,3 E_0$ для плити із додатковим навантаженням $1,35\text{ тс/м}^2$ на площі 80м^2 від обвалення вище розташованої плити. Оскільки отримана в цьому випадку площа нижнього армування (18 см^2) перевищує прийняту в проекті площу нижнього армування ($15,39\text{ см}^2$), необхідно виконувати розрахунок плити у фізично нелінійній постановці з урахуванням реального армування. У результаті нелінійного розрахунку максимальні деформації плити (прогин) склали 60мм .

Схема розвитку тріщин у плиті наведена на рис.6. При нелінійному розрахунку плити розривів арматури і лавиноподібного росту деформацій не зафіксовано, в зв'язку з чим можна зробити висновок, що повного обвалення плити за даної схеми армування не відбудеться.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.2-24:2009 *Проектування висотних житлових і громадських будинків*. – К., 2009.
2. ДБН В.1.1-5:2007 *Науково-технічний супровід будівельних об'єктів*. – К., 2007.
3. ДБН-В.1.1-12:2006. *Будівництво в сейсмічних районах України*. – К., 2006.
4. ДБН-В.1.2-2:2006. *Навантаження і впливи. Норми проектування*. – К., 2006.
5. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. *Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогни і переміщення. Вимоги до проектування*. – К., 2006.
6. ДБН-В.1.2-14. *Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ*. – К., 2008.

АННОТАЦІЯ

В статье приведены дополнительные требования (нормы) для проектирования высотных зданий в соответствии с новым нормативным документом. Изложена общая методика проведения проверочного расчета, в том числе и на сопротивление прогрессирующему обрушению для конкретного объекта и его результаты, а также программное обеспечение для выполнения автоматизированных расчетов и проектирования.

Ключевые слова: высотное строительство, монолитно-каркасное здание, нормативные требования, проверочный расчет, прогрессирующее обрушение, программное обеспечение, результаты расчетов.

ANNOTATION

The paper presents additional requirements to design of high-rise buildings according to new building code. General approach to check calculation, including calculation on progressive failure is considered. The paper also produces analysis results for a certain building; the analysis was carried out with the software for computer-aided analysis and design.

Key Words High-rise buildings, monolithic skeleton-type building, building code, check calculation, progressive failure, software, analysis results.

УДК 624.046

**А.С. Городецький, д.т.н., проф., НИИСП;
М.С. Барабаш, к.т.н., доцент, НАУ, Киев**

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ К ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ РАЗРУШЕНИЮ ПРИ АВАРИЙНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается проблема обеспечения живучести строительных конструкций при проектировании зданий и сооружений с учетом аварийных воздействий и ситуаций. Представлены подходы по предотвращению прогрессирующего разрушения несущих конструкций сооружений. Предложена методика прочностного расчета конструкций при аварийных воздействиях, основанная на моделировании многостадийного процесса нагружения конструкций с учетом изменения конструктивной схемы и эффектов геометрической и физической нелинейности.

Ключевые слова: здания, живучесть конструкций, прогрессирующее обрушение, устойчивость, усилия.

В последние годы существенно возрос интерес к проблеме обеспечения живучести (жизнестойкости, robustness) строительных конструкций при аварийных ситуациях.

Термин «робастность» (живучесть) (robustness) означает свойство конструкции противостоять таким событиям, как пожар, взрыв, удар или результат человеческих ошибок, без возникновения повреждений, которые были бы непропорциональны причине, вызвавшей повреждения. Одной из стратегий для ограничения масштабов локального разрушения является применение расчетных и конструктивных мероприятий, обеспечивающих приемлемую живучесть конструкции (например, применение связей во всех трех направлениях для обеспечения дополнительной целостности или минимального уровня деформативности строительных элементов, подверженных удару).

Установление характеристики «живучесть конструкции» требует:

- проведения анализа уязвимости, включающего процесс выявления уязвимых мест, осущес-

твляемый при подготовке к разработке задания на проектирование с учетом принятых угроз, а также вероятные способы их осуществления;

- определения живучести системы, то есть определение времени сохранения работоспособности системы в заданных условиях воздействий, в том числе при возникновении чрезвычайной ситуации, которое должно быть обеспечено применением специальных мер, технических мероприятий и проектных решений;

- определения защищенности объекта, то есть назначение совокупности организационно-технических мероприятий, обеспечивающих его охрану.

Дополнительную сложность составляет также отсутствие единого метода или стратегии, обеспечивающих устойчивость конструкций здания и сооружения к прогрессирующему разрушению при запроектных аварийных воздействиях. Связано это и с различными определениями термина прогрессирующего разрушения, отсутствие четкого количества сценариев возникновения и развития аварийных воздействий и их последствий.

Некоторые российские регламентирующие документы трактуют прогрессирующее обрушение, как разрушение несущих конструкций здания в пределах трех и более этажей или на одном этаже площадью до 80 м², возникающее в результате разрушения отдельного несущего конструктивного элемента, вызванного особым воздействием. Европейские нормативные документы не требуют дополнительных отдельных мер и расчетов для проверки конструктивных элементов и конструктивной системы в целом на прогрессирующее разрушение. В СТБ ЕС 1990-2007 требуется проведение анализа рисков, результатом которого будет вероятностное значение возможных особых воздействий, на которые требуется рассчитать конструктивную схему здания.

Внесение в российские и украинские нормативные документы определенных положений о необходимости учета при проектировании этой проблемы вызывает у некоторых специалистов возражения, которые сводятся к тому, что потребуются значительное увеличение материалоемкости конструкций. Проблема еще мало изучена и еще рано привлекать к ней внимание проектировщиков. Основная причина сложности данной проблемы заключается, по-видимому, в невозможности обеспечения абсолютной защиты конструкций, поскольку при стремлении вероятности разрушения конструкции к нулю ее стоимость будет возрастать до

бесконечности. Как следствие, дискуссию вызывают следующие вопросы, не имеющие общепризнанного решения:

- какие объекты следует проектировать с учетом возможного возникновения аварийных ситуаций и как определить назначенный уровень надежности для сооружения;

- какие виды и параметры неидентифицированных аварийных воздействий необходимо учитывать при проектировании объектов данного класса;

- насколько достаточны предложенные в нормативных документах меры, обеспечивающие защиту конструкций от аварийных воздействий и устойчивости против прогрессирующего обрушения;

- каким образом выполнять расчет и какие виды расчетов конструкций на прочность и устойчивость при аварийных воздействиях требуются.

При выполнении расчета конструктивной системы здания на прогрессирующее обрушение рекомендуется применять следующие расчетные методы (рис.1.):

- направленные на обеспечение сопротивления здания, конструкции или отдельного конструктивного элемента локальному разрушению при аномальном (особом) воздействии, приложенном непосредственно к нему;

- связанные с разработкой т.н. альтернативных (резервных) путей передачи усилий от нагрузки после реализации локального разрушения отдельного конструктивного элемента.

Ограничение размеров области повреждений при удалении внешней колонны или несущей стены. При удалении наружной колонны или стены требуется, чтобы площадь обрушения покрытия непосредственно над удаленным элементом была не более 80 м² и не более 15% от общей площади покрытия. Перекрытие, располагаемое ниже поврежденного элемента, не должно разрушаться. Любое разрушение не должно распространяться за пределы конструкций, играющих второстепенную роль по отношению к удаленному элементу.

Ограничение размеров области повреждений при удалении внутренней колонны или стены. При удалении внутренней колонны или стены требуется, чтобы площадь обрушения перекрытия непосредственно над удаляемым элементом должна быть не более 140 м² и не более 30% от полной площади перекрытия. Разрушение перекрытия, расположенного ниже удаляемого элемента, не допускается.

В системе нормативных документов Еврокод понятия прогрессирующего обрушения не введено. В соответствии с СТБ EN 1990-2007 необходимо выполнять расчет сооружения на чрезвычайное воздействие А с составлением чрезвычайного расчетного сочетания нагрузок. Результатом данного расчета является конструктивная схема с достаточной живучестью здания при ограниченных повреждениях или разрушениях без полного обрушения. В соответствии с данным документом особые воздействия могут быть идентифицированы

ми и неидентифицированными, следовательно, применяют две стратегии для ограничения последствий, описанные на рис. 2.

Величина особого воздействия зависит от:

- мер, направленных на предотвращение или снижение результатов особого воздействия;
- вероятности возникновения идентифицированного особого воздействия;
- последствий разрушения в результате идентифицированного особого воздействия;
- общественной оценки;

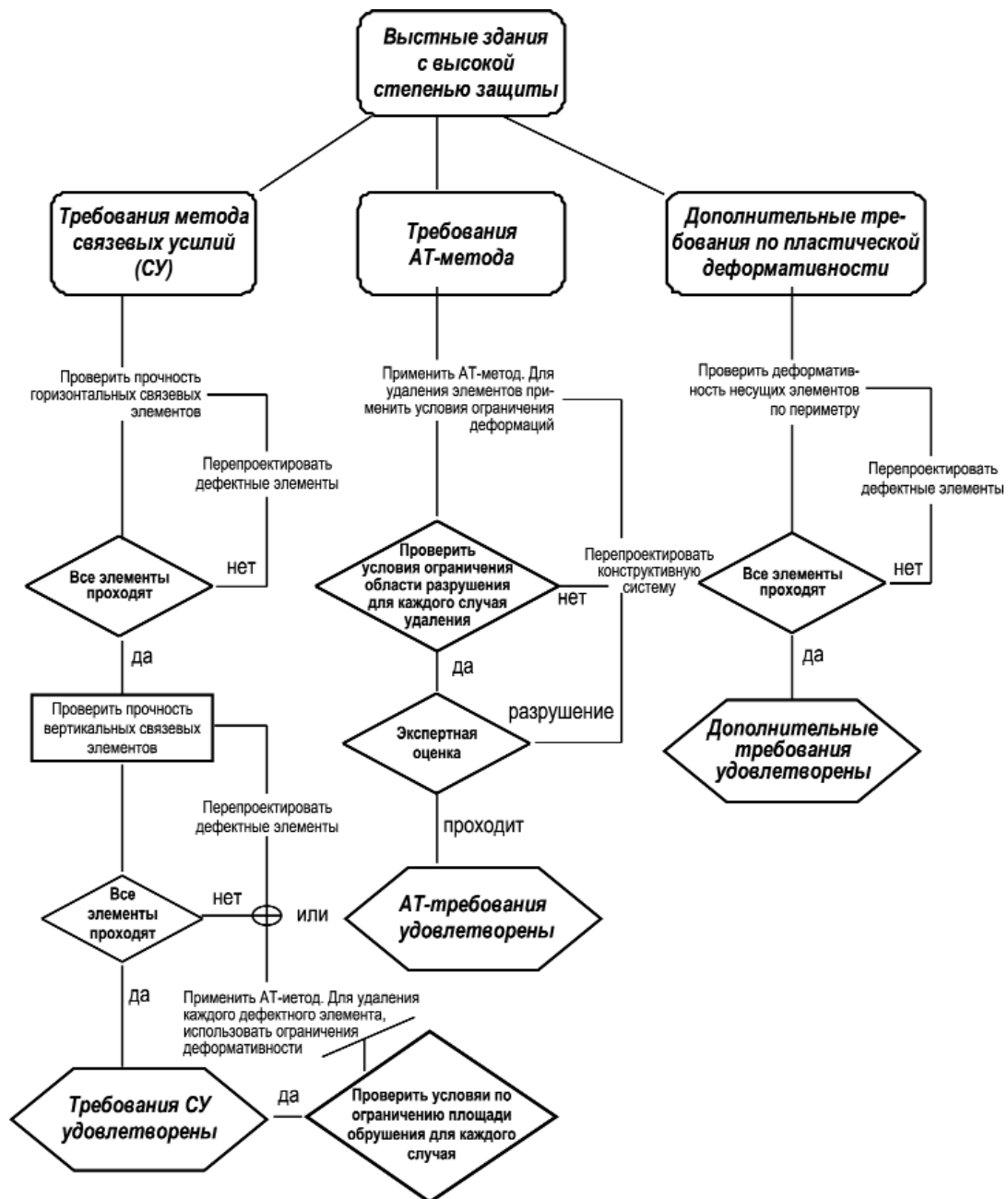


Рис. 1. Алгоритм проверки сопротивления прогрессирующему обрушению для конструктивных систем высотных зданий (высокая степень защиты)

— уровня приемлемого риска.

Установлены три стратегии: связевых усилий, метод альтернативных усилий, увеличение местной жесткости. Метод связевых усилий рассматривает здание как пространственную систему с вертикальными, периметральными, внутренними продольными и поперечными связями.

Метод альтернативных траекторий усилий определяет возможности конструктивной системы здания перераспределить усилия при изменении расчетной схемы сооружения из-за локального разрушения одного конструктивного элемента. В документе описаны расчетные сочетания усилий при выполнении различных видов расчетов: линейный статический расчет, нелинейный статический расчет, нелинейный динамический расчет; приведены правила определения грузовых площадей для расчетной схемы с удаленными элементами. При выполнении линейно-статического и нелинейно-статического расчетов применяется коэффициент динамичности, который зависит от типа расчета, от конструктивной схемы и используемого материала. Горизонтальная нагрузка, прикладываемая к зданию, определяется в долях

от вертикальной нагрузки: $0.002 \Sigma P$. Так же в зависимости от категории здания необходимо выполнить требования раздела по увеличению местной жесткости колонн, стен и конструкций перекрытий.

Предлагается выполнять расчет конструкций на устойчивость к прогрессирующему разрушению и проводить по следующей схеме. На первом этапе выполняют расчет конструкции в эксплуатационной стадии, предшествующей локальному разрушению, с учетом физической и геометрической нелинейности. Напряженно-деформированное состояние первого этапа является стартовым для второго этапа, на котором выполняют расчет схемы с выключенными из работы (удаленными) элементами. Нагрузкой на втором этапе являются усилия в удаленных элементах, увеличенные на коэффициент, учитывающий динамику процесса. Расчет также проводят с учетом физической и геометрической нелинейности.

Такой расчет, по сути, является компьютерным моделированием форс-мажорной ситуации и позволяет проследить приспособление конструкции к новой ситуации на основе изменений конструк-

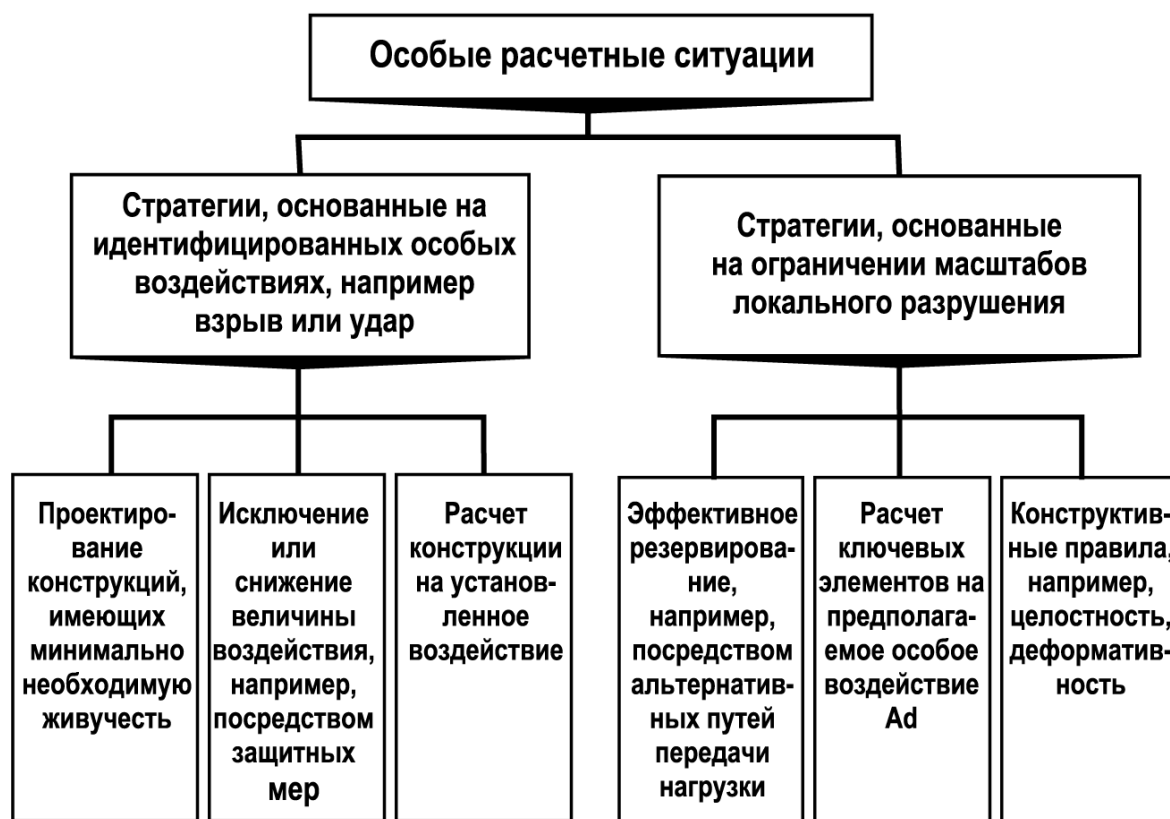


Рис. 2. Стратегии для особых расчетных ситуаций

тивной схемы. Конструктор на основе такого расчета имеет возможность наметить ряд конструктивных мероприятий, чтобы организовать работу конструкции по новым схемам.

ЛИТЕРАТУРА.

1. СТО 36554501-014-2008 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. – М.: НИЦ «Строительство», 2008.

2. Назаров Ю.П., Городецкий А.С., Симбиркин В.Н. К проблеме обеспечения живучести строительных конструкций при аварийных воздействиях// Строительная механика и расчет сооружений, 2009. – №4. – С. 5-9.

3. Городецкий А.С., Барабаш М.С. // Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. науч. трудов. Вып. №50. - Дн-вск., ПГАСА, 2009.

АНОТАЦІЯ

У статті розглядається проблема забезпечення живучості будівельних конструкцій при проектуванні будівель і споруд з урахуванням аварійних дій і ситуацій. Представлені підходи із запобігання прогресуючому руйнуванню несучих конструкцій споруд. Запропонована методика міцнісного розрахунку конструкцій при аварійних діях, заснована на моделюванні багатостадійного процесу навантаження конструкцій з урахуванням зміни конструктивної схеми і ефектів геометричної і фізичної нелінійності.

Ключові слова: будинки, живучість конструкції, прогресуюче обвалення, стійкість, зусилля.

ANNOTATION

The problem of providing of vitality of building constructions at planning of buildings and buildings taking into account emergency influences and situations is examined in the article. Approaches on prevention of «making» progress destruction of bearing constructions of buildings are represented. The method of calculation of constructions at emergency influences, based on the design of sequential process of loading of constructions taking into account the change of structural chart and effects of geometrical and physical non-linearity, is offered.

Keywords: building, vitality of construction, making progress bringing down, stability, efforts

УДК 624

Р. Катценбах, д-р техн.наук, Технический Университет (Дармштадт, Германия); Р.А. Дунаевский; Д.Л. Муляр; К.О. Дьяченко. «Инженерное бюро профессора Катценбаха и партнеры - Украина», Киев

СТРОИТЕЛЬСТВО ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ МЕТОДОМ «СВЕРХУ ВНИЗ» («TOP-DOWN»)

АННОТАЦИЯ

В статье приведено определение нового метода строительства высотных зданий с заглубленной подземной частью, описана технология и организация работ. Приведен пример строительства высотного здания MainTower во Франкфурте-на-Майне (Германия) с применением метода «TOP-DOWN».

Ключевые слова: высотное строительство, геотехника, подземная часть, глубокие котлованы, метод строительства «Top-Down»

Основные принципы технологии «TOP-DOWN» или строительства «сверху вниз» описаны в ДБН В.2.2-24:2009. Ниже приводится краткое описание технологии и организации работ.

Особенности технологии

Технология возведения высотных зданий (далее — технология) методом «вверх-вниз» основывается на одновременном совмещении работ по устройству наземной и подземной частей высотного здания вверх и вниз.

Эта технология широко применяется при возведении высотных зданий в стесненных условиях городской застройки и при устройстве глубоких котлованов и многоуровневого подземного паркинга.

Технология предусматривает устройство свай-колонн, которые после выемки грунта из межсвайного пространства соединяются системой монолитных перекрытий между собой и со стеной ограждения котлована, начиная с верхнего перекрытия подземной части здания.

Этот способ предусматривает устройство ответий в перекрытиях на отдельных участках для работы землеройной техники и для устройства ядра жесткости. При этом периферийные сваи-колонны, которые расположены по контуру, соединяют-

ся монолитными перекрытиями с внешним ограждением котлована для обеспечения пространственной жесткости подземной части.

Одновременно с устройством перекрытий подземной части возведение наземной части монолитного каркаса осуществляется традиционным способом.

Учитывая то, что продолжительность устройства подземной части составляет до 50 % от продолжительности возведения наземной части дома, совмещение этих процессов, сокращает общие сроки возведения всего объекта.

К основным преимуществам технологии «вверх-вниз» следует отнести:

- возможность устройства котлованов разной конфигурации и глубины;
- уменьшение влияния на окружающую застройку и зависимости от инженерно-геологических условий.

Устройство подземной части

К основным технологическим этапам нулевого цикла технологии «вверх-вниз» относятся:

- устройство ограждающих стен из буронабивных свай методом «стена в грунте» или их комбинаций при криволинейной конфигурации подземной части здания;
- устройство свай-колонн (буронабивных свай);
- выемка грунта из межсвайного пространства;
- последовательное устройство монолитных перекрытий с соединением свай-колонн и устройство технологических отверстий;
- устройство фундаментной плиты (ростверка).

Таким образом, метод «сверху вниз» предусматривает одновременное устройство котлована, подземного пространства и фундаментов здания. Для удержания перекрытий во время строительства выполняются свай-колонны, которые могут

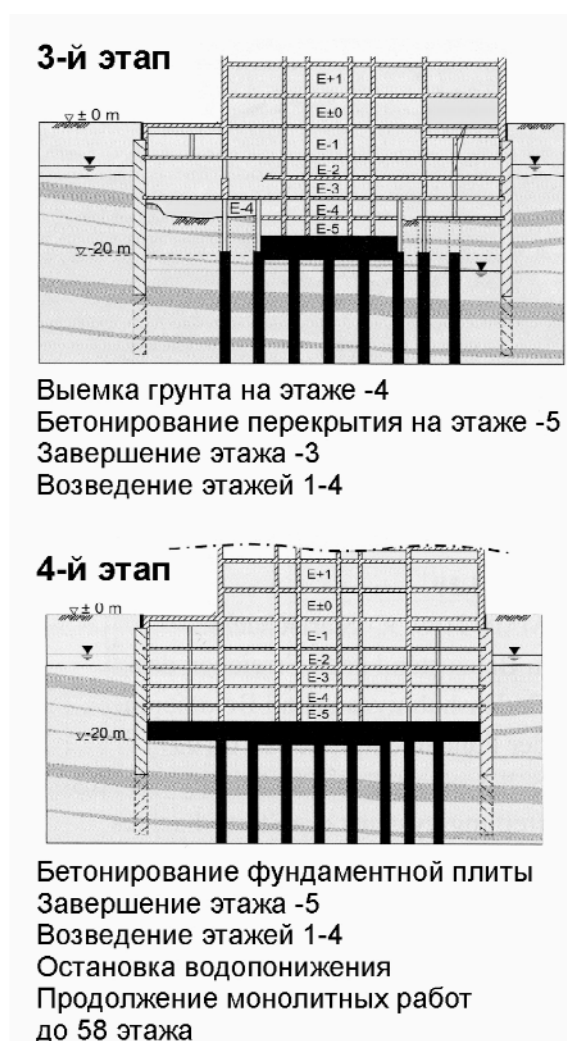
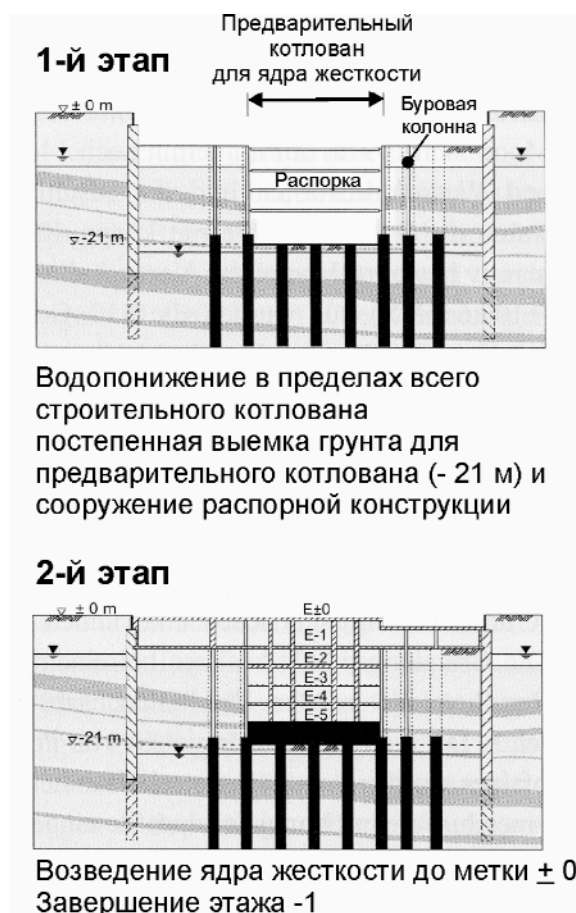


Рис. 1. Порядок производства работ при строительстве высотного здания MainTower во Франкфурте-на-Майне



Рис. 2. Пионерный котлован с распорками при строительстве высотного здания MainTower во Франкфурте-на-Майне (вид сверху)

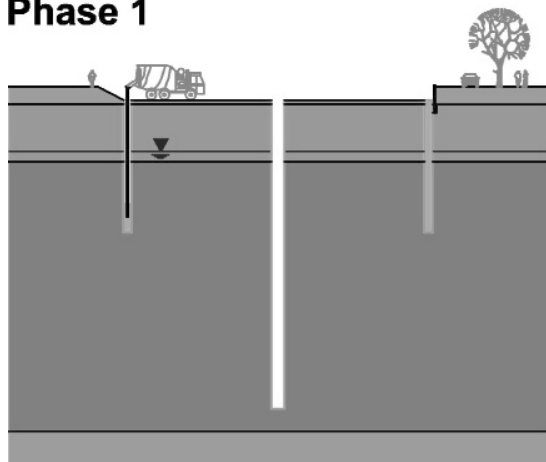


Рис. 4. Узлы соединения перекрытия и ограждения котлована

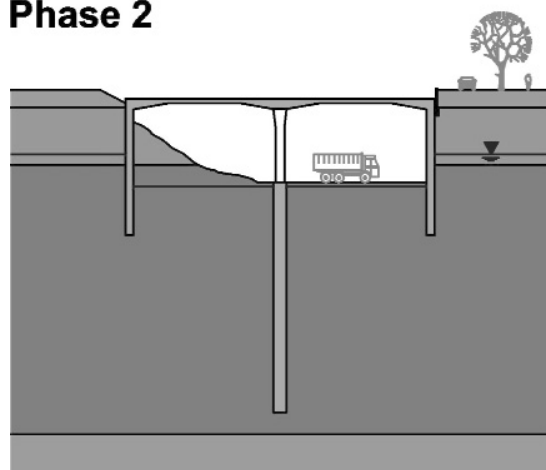


Рис. 5. Устройство временных и постоянных буровых колонн

Phase 1



Phase 2



Phase 3

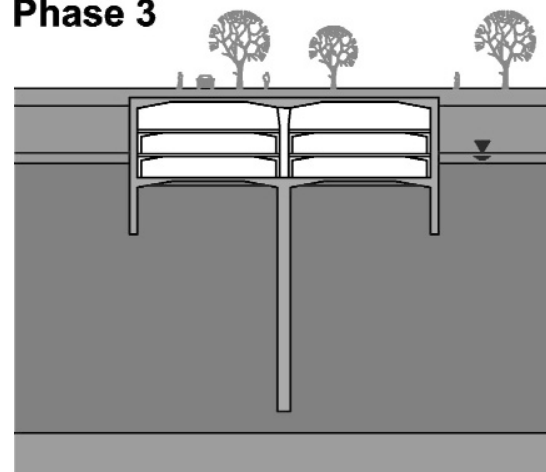


Рис. 3. Строительство подземного паркинга под Гёте Платц во Франкфурте-на-Майне
Конструктивные особенности при строительстве методом «сверху вниз»

быть выполнены как временные, учитывающие нагрузки на период строительства, и как постоянные конструкции.

После набора бетоном перекрытия достаточной прочности проводится последующая выемка грунта до уровня устройства следующего перекрытия и так до уровня фундаментной плиты. Грунт вывозится на поверхность через предварительно оставленные технологические проёмы в перекрытиях верхних этажей. С уровня возведенных перекрытий одновременно с выемкой грунта на нижних уровнях возможно строительство надземной части для высотной части здания. С целью сокращения сроков строительства в области высотной части, возможно устройство пионерного котлована. Одновременное строительство высотного здания вверх и вниз в англоязычных странах называется «TOP-DOWN», строительство вниз с поверхности земли — «UP-DOWN».

Применение технологии «TOP-DOWN» на примере строительства MainTower во Франкфурте-на-Майне

Порядок производства работ при строительстве высотного здания MainTower во Франкфурте-на-Майне по методу «TOP-DOWN» схематично представлен на рис. 1-2.

Основной областью применения метода «TOP-DOWN» является устройство глубоких котлованов в центральных районах крупных городов. Зачастую этот метод используется при невозможности устройства анкеров в грунте вследствие грунтовых условий, имеющейся развитой подземной части на соседних участках или сложности юридических взаимоотношений с владельцами соседних участков. Кроме того, этот метод используется при минимальных допустимых деформациях соседних зданий и сооружений. Несомненным преимуществом метода «TOP-DOWN» является ускоренный темп строительства при устройстве высотной части.

Метод «UP-DOWN» используется при транспортном строительстве, если необходимо сохранить возможность движения наземного транспорта во время строительства подземной части. На рис. 3 схематично представлен порядок производства работ при возведении подземного паркинга под ГетеПлатц во Франкфурте-на-Майне, при этом сохранялось движение автотранспорта.

Расчет конструкций подземной части должен производиться с учетом всех возможных строительномонтажных состояний, очередности произ-

водства работ и эксплуатационных нагрузок. Заложенная в расчете очередность работ должна учитываться во время строительного производства.

При строительстве по методу «сверху вниз» ограждение котлована используется впоследствии как несущая конструкция. Во время строительства и во время эксплуатации здания должна обеспечиваться передача нагрузок от крепления котлована на перекрытия и наоборот. На рис. 4 показаны варианты устройства таких узлов для стены из буросекующихся свай (слева) и для «стены в грунте» (справа).

Особым конструктивным элементом при строительстве «сверху вниз» являются буровые колонны (рис. 5). При устройстве этих колонн с поверхности земли особенно важна их вертикальная установка и ограничение их отклонения от оси. В этой связи буровые колонны зачастую производятся из стальных профилей меньшего сечения чем колонны в конечном состоянии. В случае больших отклонений они могут служить как временные конструкции, при отклонениях в допустимых рамках они могут входить в сечение постоянной конструкции колонн. Возможно использование готовых железобетонных колонн, выравниваемых при погружении с помощью гидравлических домкратов. Для контроля их расположения используются инклинометры. Крепление колонн к арматуре перекрытия производится при помощи муфт.

Устройство котлована методом «сверху вниз», вследствие необходимости поддержания перекрытий, работающих как распоры во время строительства, подразумевает под собой устройство свайного либо свайно-плитного фундамента. На рисунке 6 показаны временные (стальные трубы) и постоянные буровые колонны (железобетонные конструкции) на сваях при строительстве сверху вниз.

Выводы

Так как устройство ограждения котлована, фундаментов, выемка грунта, строительство подземных этажей, а также надземной конструкции ведется параллельно во времени, то необходимым условием является тесное сотрудничество между всеми проектировщиками, подрядчиками и заказчиком.

При многих преимуществах метода строительства «сверху вниз» он в большинстве случаев ведет к удорожанию строительного производства по сравнению со строительством в открытом котло-

ване. Производство зачастую осложняется большим количеством логических зависимостей, таким образом, усложняется параллельное ведение различных видов работ. Особую сложность представляет собой организация снабжения и логистики при подобном виде работ. Необходимо отметить, что устройство котлована методом «сверху вниз» требует высокой квалификации подрядчика и детальной проектной проработки.

Так как производство котлована методом «сверху вниз» считается одним из самых сложных видов строительного производства с геотехнической точки зрения, необходимо предусматривать комплексную программу мониторинга во время строительства.

АНОТАЦІЯ

У статті надано визначення нового методу будівництва висотних споруд із заглибленою підземною частиною, описана технологія і організація робіт. Наведений приклад будівництва висотної будівлі MainTower у Франкфурті-на-Майні (Німеччина) із застосуванням методу «TOP-DOWN».

Ключові слова: висотне будівництво, геотехніка, підземна частина, глибокі котловани, метод будівництва «TOP-DOWN»

ANNOTATION

In this article the new construction method of the high-rise buildings with developed underground part is described; the description of technology and organisation of works is provided. The application of the "TOP-DOWN" method during the construction of the MainTower building in Frankfurt am Main is given. The quotation of the normative document DBN B.2.2-24:2009 is provided (informative attachment about the «TOP-DOWN» method).

KeyWords: high-rise building construction, geotechnics, underground construction, deep excavations, «Top-Down» construction method.

УДК 624

Р.Катценбах, д-р техн.наук, Технический Университет (Дармштадт, Германия); Р.А. Дунаевский, Д.Л. Муляр, К.О. Дьяченко, «Инженерное бюро профессора Катценбаха и партнеры — Украина», Киев; А.М. Галинский, к.т.н., НИИСП, Киев

БАРЕТТЫ — ЭФФЕКТИВНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ ДЛЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

АННОТАЦИЯ

В статье дано определение нового для Украины типа фундаментов в виде баретт, изложена методика их проектирования и правила устройства. Приведен опыт проектирования и устройства комбинированного бареттно-плитного фундамента на примере проекта «Mirax Plaza» в Киеве.

Ключевые слова: высотное строительство, геотехника, подземная часть, фундаменты и основания, баретты, проектирование и устройство, опыт применения.

Баретты — вид буронабивных свай, устройство которых производится с помощью грейфера. Под защитой суспензии грейфером вырывается траншея, в которую впоследствии опускается арматурный каркас (в случае производства армированных баретт) и производится бетонирование. Технология производства баретт соответствует технологии производства одной захватки «стены в грунте».

Бареттные фундаменты применяются при высоких нагрузках, зачастую при высотном строительстве, и могут служить альтернативой буронабивным сваям, особенно когда требуется устройство значительного количества свай больших диаметров. Баретты за счет сравнительно больших размеров могут воспринимать высокие нагрузки по материалу и по грунту.

Баретты производятся в форме четырехугольника и различных комбинаций из них. При выборе геометрических параметров баретт исходят из принципа соосной передачи нагрузки от вертикальных элементов верхней конструкции (стены, колонны, пилоны и т.д.) на элементы фундамента, и соответственно подбирают размеры баретт. Кроме того, при определении размеров баретт необходимо учитывать возможные размеры грейфера и

производственные особенности при соединении нескольких баретт в единый элемент.

Часто производство баретт особенно целесообразно в комбинации с производством «стены в грунте», т.к. необходимая для производства техника и механизмы (грейфер, силосы для суспензии и т.д.) имеются в распоряжении на строительной площадке, и одна производственная технология используется как для фундаментов, так и для ограждающей конструкции.

Проектирование бареттного фундамента

При проектировании баретт исходят из аналогичных принципов, как и при проектировании буронабивных свай (СНиП 2.02.03-85). При устройстве крестообразных баретт или баретт с аналогичной конфигурацией целесообразно предусмотреть снижение трения по боковой поверхности в областях пересечения двух четырехугольников.

В зависимости от вида нагрузок можно предусматривать армированные и неармированные баретты. Неармированные баретты работают исключительно на сжатие. В случае, если предусматриваются армированные баретты, их арматура должна сопрягаться с фундаментной плитой.

В связи с большими размерами баретт и соответственно их большой несущей способностью испытание баретт в масштабе 1:1 возможно на сегодняшний день лишь при устройстве массивной анкерной конструкции или при использовании гидравлических домкратов с разделением баретт на сегменты.

Также возможно проведение классических статических испытаний свай меньших размеров и по их результатам с помощью аналитического решения обратной задачи определять трение по боковой поверхности и под нижним концом свай. По-

лученные данные могут применяться при проектировании бареттного фундамента. Такой подход к расчету бареттного фундамента и проектирование испытания свай требует экспертного сопровождения на всех этапах.

При проектировании бареттных фундаментов особое внимание должно уделяться устойчивости траншеи, которая должна подтверждаться расчетом. В рабочих чертежах бареттного фундамента должна быть указана расчетная плотность применяемой суспензии, при которой устойчивость траншеи обеспечена.

При анализе инженерно-геологических условий необходимо обратить внимание на возможные крупнозернистые, галечные или похожие отложения. При их наличии (т.к. суспензия не может удерживать давления от таких отложений) устойчивость траншеи не может быть обеспечена без принятия особых мер (предварительное инъецирование, специальные ограждающие конструкции и т.д.)

При анализе гидрогеологических условий на проектируемом объекте важно учитывать давление воды на подошву траншеи и предотвращать ее разуплотнение вследствие давления воды. В этой связи необходимо выявить возможные напряженные водоносные горизонты и давление в них.

Правила устройства баретт

Перед началом устройства самих баретт необходимо выполнить форшахты, которые обеспечивают вертикальное ведение грейфера при устройстве траншеи. Форшахты не являются элементами несущей конструкции и устраиваются исключительно в соответствии с производственными требованиями.

Уровень, с которого устраиваются баретты, должен находиться выше уровня грунтовых вод, т.к. устройство баретт при проведении водопони-

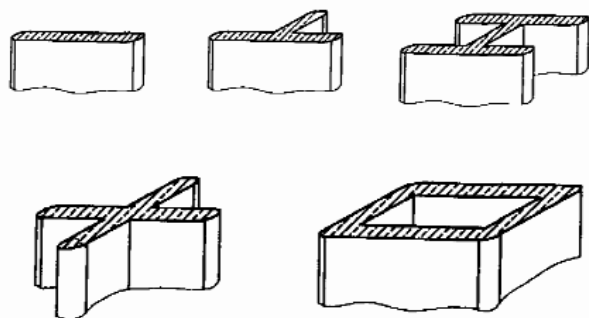
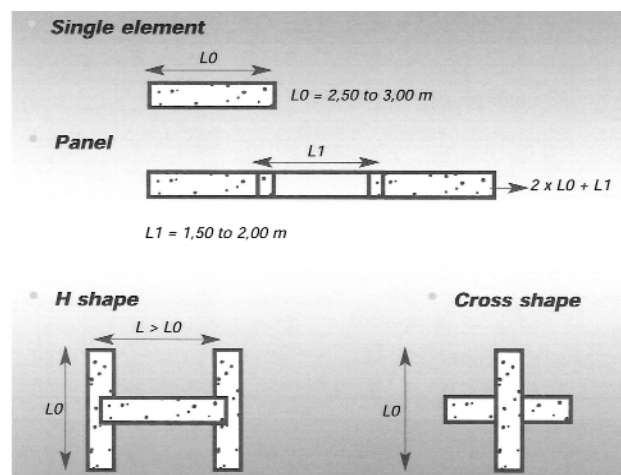


Рис. 1. Возможные конфигурации баретт и их размеры



жения недопустимо. В противном случае, при работе насосов в скважинах водопонижения возможно попадание суспензии и/или бетона в скважины, что может привести к выходу из строя последних и экологическому нарушению гидрогеологического режима. Кроме того, возможно снижение несущей способности конструкции баретты.

Процесс устройства бареттного фундамента представлен на рис. 2.

Траншея заполняется суспензией по мере откопки (на сегодняшний день, как правило, используется бентонитовая или полимерная суспензии). Перед применением суспензии ее плотность должна быть проверена опытным путем на соответствие с проектной плотностью.

При устройстве баретт необходимо контролировать уровень суспензии для обеспечения устойчивости траншеи, возможные потери должны фиксироваться и анализироваться. С точки зрения экономической целесообразности и экологичности производства суспензия должна использоваться многократно, для чего, как правило, на объекте устанавливаются силосы. Для дальнейшего применения суспензия должна постоянно очищаться от более крупных частиц грунта.

При завершении работ по устройству траншеи и перед бетонированием необходимо произвести очистку подошвы траншеи от крупных фракций грунта. После очистки подошвы траншеи от крупных частиц производится вертикальное бетонирование, при этом должны быть приняты меры по предотвращению расслоения бетона.

При заливке бетона следует предусмотреть, что при бетонировании под бентонитовым раствором верхний слой бетона вследствие смешения раствора с грунтом и суспензией не соответствует качеству и прочности бетона, предусматриваемым в проекте. В этой связи необходимо учитывать, что

верхний слой бетона, так называемый «грязный бетон», должен быть впоследствии удален. Как правило, высота слоя грязного бетона составляет около 1 м. Этот факт должен быть учтен в проектных и производственных отметках.

Применение бареттного фундамента Краткое описание объекта

На сегодняшний день устройство баретт получает все большее распространение в мире. При строительстве высотных зданий в Азии и Европе, особенно во Франции, этот вид фундамента применяется довольно часто. В последнее время эта технология возведения фундамента нашла широкое применение на строительных площадках Украины и России. Часто проектируются комбинированные «бареттно-плитные» фундаменты, когда в работу вовлекается фундаментная плита.

В начале 2007 г. компания «Mirax Group» вышла на украинский рынок с проектом высотного многофункционального комплекса «Mirax Plaza», расположенного в центре Киева. В связи с высокой потребностью города в офисных зданиях класса «А» и в высококачественном жилье было принято решение о строительстве двух башен с торгово-развлекательным центром и паркингом в стилобатной части общей площадью 294 тыс. м². Высота башен составила 192 м (46 этажей), что на данный момент является проектом одного из самых высоких зданий в Украине (рис. 4). Высотные здания расположены у подножия 30-метрового склона. Торгово-развлекательный центр с паркингом врезаются на 20 м в склон, на вершине которого расположены жилые здания с 6 — 9 наземными этажами. Для строительства паркинга и удержания склона предусматривается устройство подпорной стены из буронабивных свай в разрядку, закрепленных несколькими рядами анкеров в грунте.

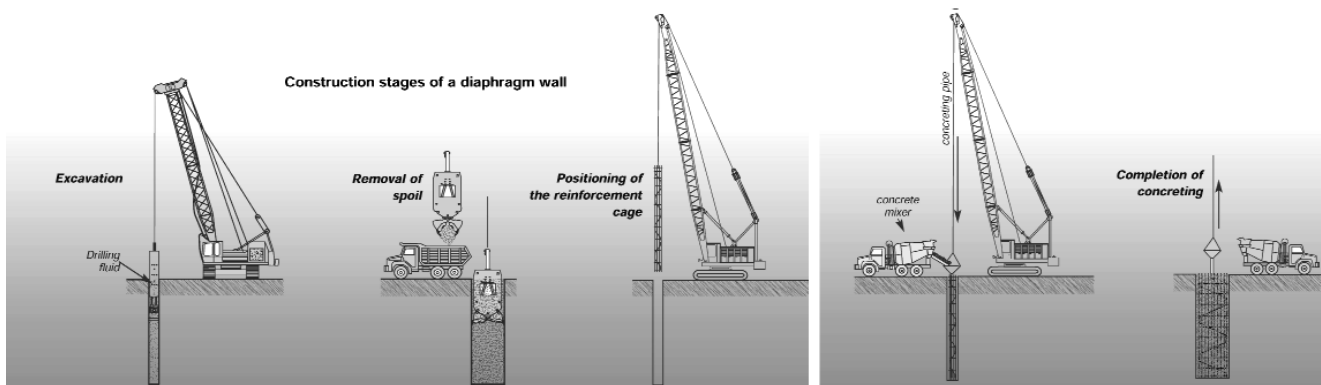


Рис. 2. Процесс устройства бареттного фундамента

Проектирование проводилось компаниями OWC (Германия) и БИП-ПМ (Украина). Проект подземной части и фундаментов разрабатывался Инженерной ассоциацией профессора Катценбаха (Германия) и ее отделением в Украине. Проект реализуется в рамках экспериментального высотного строительства и связан с внедрением многих новых строительных и инженерных технологий в Украине при научном сопровождении ведущих киевских институтов НИИСП и НИИСК.

Рельеф и инженерно-геологические условия на площадке строительства

Участок строительства расположен на правом берегу р. Днепр, в пределах склона Приднепровской возвышенности и приурочен к нижней части левого склона относительно молодой Глубочицкой балки. По долине Глубочицкой балки, по свидетельствам летописцев, протекала судоходная речка Глубочица – правый приток р. Днепр.

На сегодняшний день речка Глубочица направлена по канализационному коллектору, а водотоки, стекающие вниз по склонам, зарегулированы в ливневую канализацию. Перепад абсолютных отметок дневной поверхности в пределах участка проектируемой застройки составляет более 30 м.

На разведанной глубине до 70,0 м у подножия склона встречены отложения четвертичной, неогеновой и палеогеновой систем. Характерный геологический разрез представлен на рис. 5. Гидрогеологические условия на площадке изысканий характеризуются наличием двух водоносных горизонтов. Первый от поверхности безнапорный водоносный горизонт находится на 2 м ниже поверхности земли у подножия склона. Общее направление движения подземных вод – в сторону древнего тальвега Глубочицкой балки.

Второй водоносный горизонт зафиксирован на глубине 36 м ниже поверхности земли у подножия склона.

Инженерно-геологические условия строительной площадки относятся к третьей категории сложности, класс ответственности зданий – I.

Устройство подземной части для высотного здания башни А

Строительство башни А велось ускоренными темпами, что обуславливало начало устройства котлована башни А до закрепления склона основной

подпорной стеной. Таким образом, при расчете крепления котлована башни А глубиной 10 м у подножия склона учитывалось давление склона высотой 30 м. В рамках проекта котлована было предусмотрено устройство подпорной стены, выполненной из буронабивных свай и герметизированной сваями-джетами с верхним рядом анкеров и бERM внутри котлована. Данное решение позволяло устройство первой захватки фундаментной плиты под ядро жесткости здания в кратчайшие сроки. Для уменьшения гидростатического давления на стенки котлована было применено внешнее водопонижение. Влияние депрессивной воронки водопонижения на окружающую застройку, а также выбор режима водопонижения были оценены с помощью опытных откачек на площадке и последующего моделирования гидрогеологических условий.

После устройства первой захватки фундаментной плиты была установлена распорная система из металлоконструкций. После их монтажа и закрепления естественные откосы внутри котлована по секционному вынимались, и проводилось бетонирование последующих захваток фундаментной плиты.

Испытания свай и решение обратной задачи

В рамках первоначального проекта на территории многофункционального комплекса «Mirax Plaza» было проведено четыре испытания свай, при этом проводилось два испытания статической вдавливающей нагрузкой и два испытания статической выдергивающей нагрузкой.

На основе полученных результатов испытаний для расчета и оптимизации фундамента высотного здания методом конечных элементов была решена обратная задача.

Исходя из данных инженерно-геологического отчета было рассчитано поведение свай при равных статических нагрузках.

На основании результатов решения обратной задачи становится очевидно, что значения модуля деформации грунта, определенные на основе лабораторных и полевых испытаний, значительно меньше фактических (рис. 7, розовая кривая E*1) и, соответственно, наблюдается значительно большая осадка чем при проведенных испытаниях свай. При подстановке двойного значения модуля деформации для всех слоев грунта (рис. 7, лиловая кривая E*2) наблюдается соответственно более жесткое поведение грунта. При подстановке 3-кратного значения модуля деформации E для всех

слоев грунта в результате расчетов получается незначительно меньшая величина осадки при максимальной нагрузке (8.800 кН) чем при проведенном испытании.

В процессе решения обратной задачи наилучшее соответствие было достигнуто при подстановке 1-кратного значения модуля деформации E для верхних слоев грунта, до слоев киевской свиты, и 3-кратного значения модуля деформации E для нижних слоев киевской, буцаковской и каневской свит. Расчетное максимальное значение осадки совпадает с результатом испытания свай.

Вышеописанные расчеты и анализ были учтены в расчетах фундаментов башен А и В.

Расчет комбинированного свайно-плитного фундамента высотного здания башни А

Суммарные нагрузки на фундамент Башни А составили около 2.200 МН при площади фундаментной плиты около 2.000 м².

Для башни А предусмотрен фундамент глубокого заложения с использованием 64 баретт. Баретты имеют классические размеры сечения заливки «стены в грунте» 2,8 м х 0,8 м и производятся по аналогичной технологии. Проектная длина баретт составила 33 м с заглублением в мелкие пески буцаковской и каневской свит. Ограждение котлована из буронабивных свай в работу фундамента не вовлекалось.

Расчет проводился с помощью трехмерной модели методом конечных элементов (рис. 8) в программном комплексе «Tochnog», при этом моделировалась половина фундамента и грунтового массива под ним. Моделирование проводилось на основе величин, полученных при решении обратной задачи, исходя из того, что величины, полученные при испытании свай диаметром 0,82 м, применимы к бареттам размерами 2,8 м х 0,8 м.

Ожидаемые осадки фундамента рассчитывались исходя из европейского опыта высотного строительства для нагрузки 85 % от суммы постоянных и распределенных нагрузок. Расчетные осадки находятся в диапазоне значений около 13,5 см на краю плиты и около 16 см в области ядра здания.

В результате расчетов $\alpha_{\text{ксп}}$ составил 0,88; т.е. 88 % нагрузок передается на баретты и 12 % передается на грунтовой массив фундаментной плитой.

Расчетные нагрузки на отдельные баретты находятся в диапазоне значений от 22,1 МН до 44,5

МН. Нагрузка на краевые баретты согласно расчетам находится в диапазоне значений от 41,2 МН до 44,5 МН, что значительно выше нагрузок на внутренние баретты с максимальным значением 30,7 МН. Это соответствует типичному поведению крайних свай комбинированного свайно-плитного фундамента. При расчете моделируется совместная работа свайно-плитного фундамента и напряженно-деформируемого состояния грунтового массива, отдельный расчет каждой сваи не проводится.

Расчетные значения давления под фундаментной плитой находятся в большинстве областей ниже 200 кН/м² и достигают около 400 кН/м² по краю высотного здания. Сопротивление под нижним концом наружных баретт находится в среднем около 5,100 кН/м², а для внутренних баретт — в среднем около 4,130 кН/м².

На рис. 10 изображено среднее распределение нагрузки по глубине для наружных и внутренних баретт.

Как показывает график, мобилизуемое трение по боковой поверхности по стволу баретты возрастает с глубиной и достигает 180 кН/м² для наружных баретт и 150 кН/м² для внутренних баретт. Средние значения мобилизуемого трения по боковой поверхности по стволу баретты находятся в диапазоне около 135 кН/м² для наружных баретт и около 75 кН/м² для внутренних баретт. При максимальном значении на абс. отм. около 90 м трение по боковой поверхности снова уменьшается из-за мобилизуемого сопротивления под нижним концом баретты.

Проект и расчет фундамента был подтвержден дублирующим расчетом НИИ строительных конструкций.

В соответствии с практикой высотного строительства было рекомендовано установить высотные отметки здания перед началом монтажа несущих конструкций на уровне + 10 см. Высотное здание осядет во время строительства и в течение первых двух лет эксплуатации примерно на это значение и, таким образом, достигнет проектного уровня высот.

Метод наблюдения и мониторинг

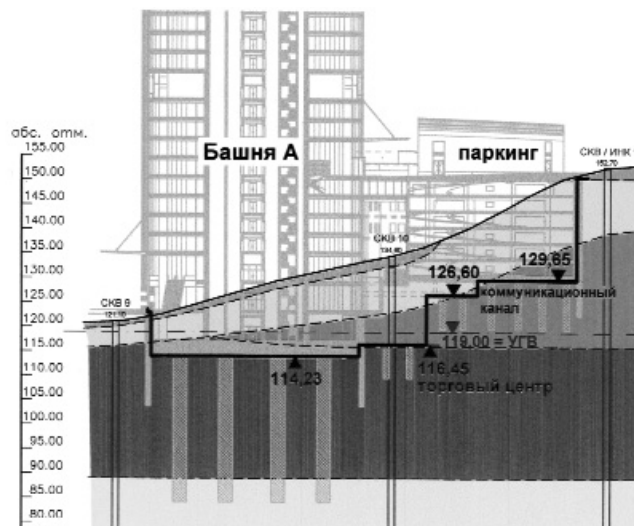
При строительстве комплекса «Mirax Plaza» использовался метод наблюдения, предписываемый европейским нормативным документом EUROCODE 7 (EC7) для самой сложной геотех-



Рис. 3. Устройство комбинированного «бареттно-плитного» фундамента при строительстве высотного комплекса MIRAX PLAZA в Киеве



Рис. 4. Mirax Plaza, Киев. Визуализация проекта с башнями А и В (слева), возведение каркаса башни А (справа)



- насыпной грунт, ИГЭ 1
- супеси лессовидные и делювиально-оползневые грунты четвертичного периода, ИГЭ 2 до 8
- супеси и пески (переменного залегания), Полтавского и Харьковского формирования, третичного периода, ИГЭ 9 до 13
- Киевская мергельная глина и суглинки (наглинок), третичного периода, ИГЭ 14 до 15
- мелкий песок и суглинки, Каневского и Бучаковского формирования, третичного периода, ИГЭ 16 до 19

Рис. 5. Посадка фундаментов комплекса и схематический инженерно-геологический разрез

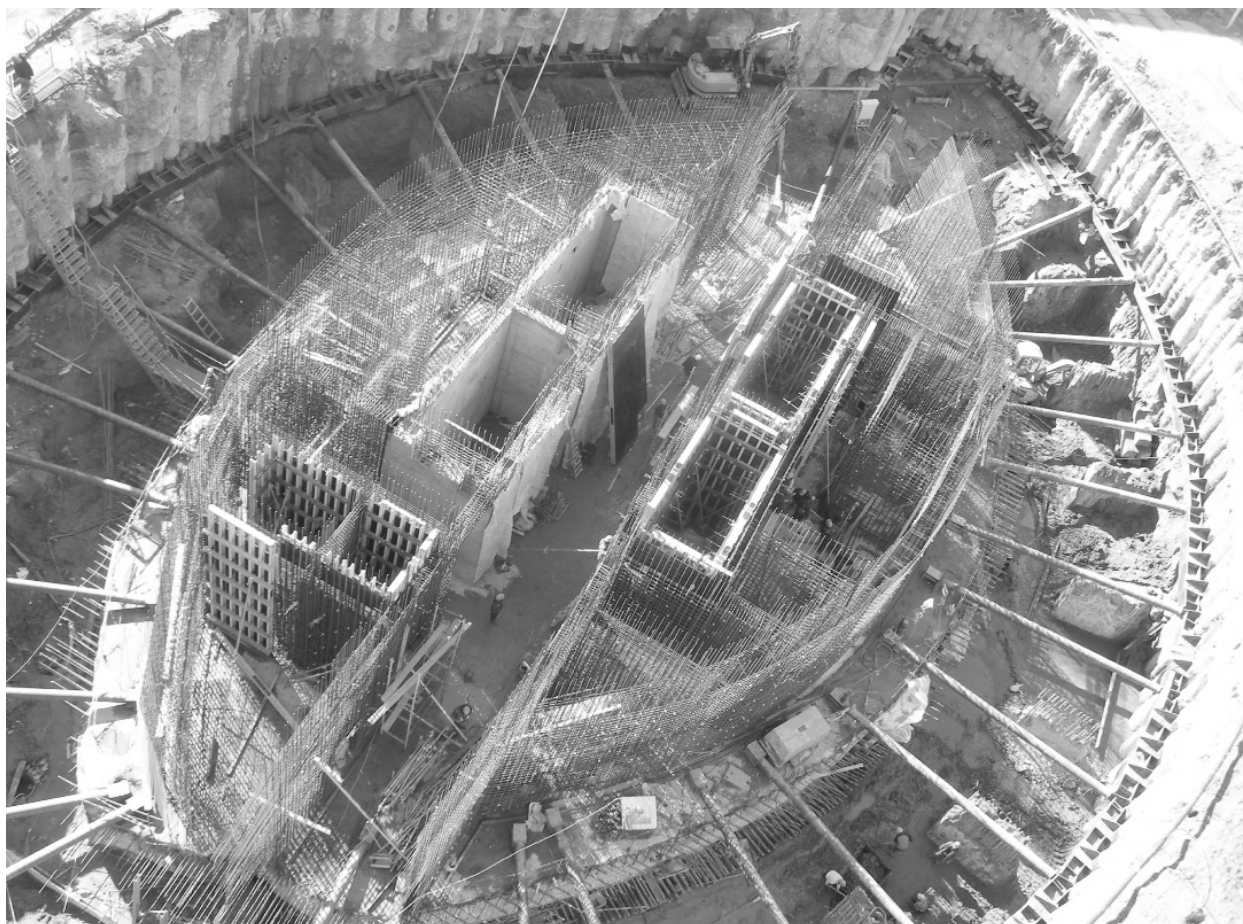


Рис. 6. Котлован башни А в момент выемки откосов после устройства анкеров и монтажа распорной системы

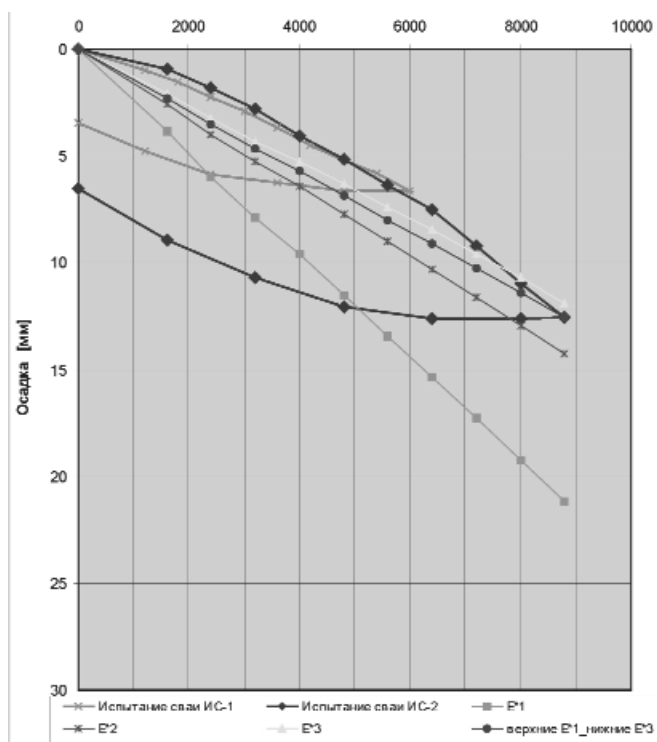


Рис. 7. Решение обратной задачи. Графики осадки сваи в зависимости от нагрузки при различных принимаемых параметрах грунта, наложенные на графики, полученные в результате испытаний

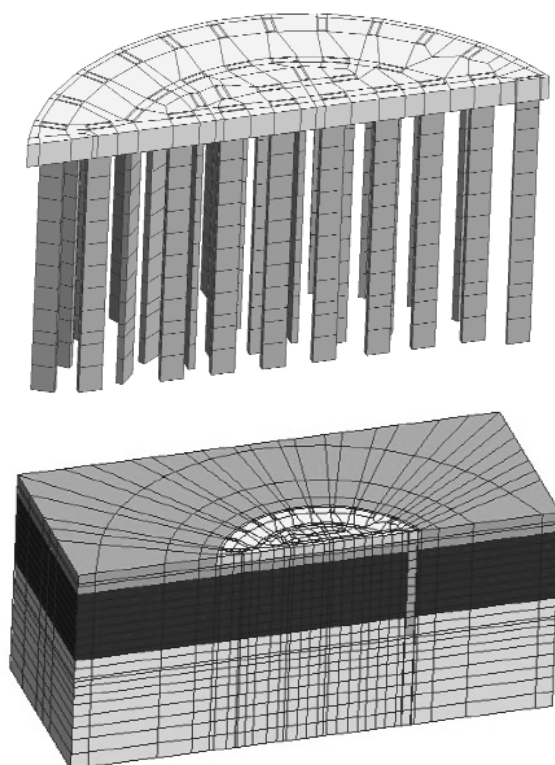


Рис. 8. Расчетная модель для расчета фундамента методом конечных элементов

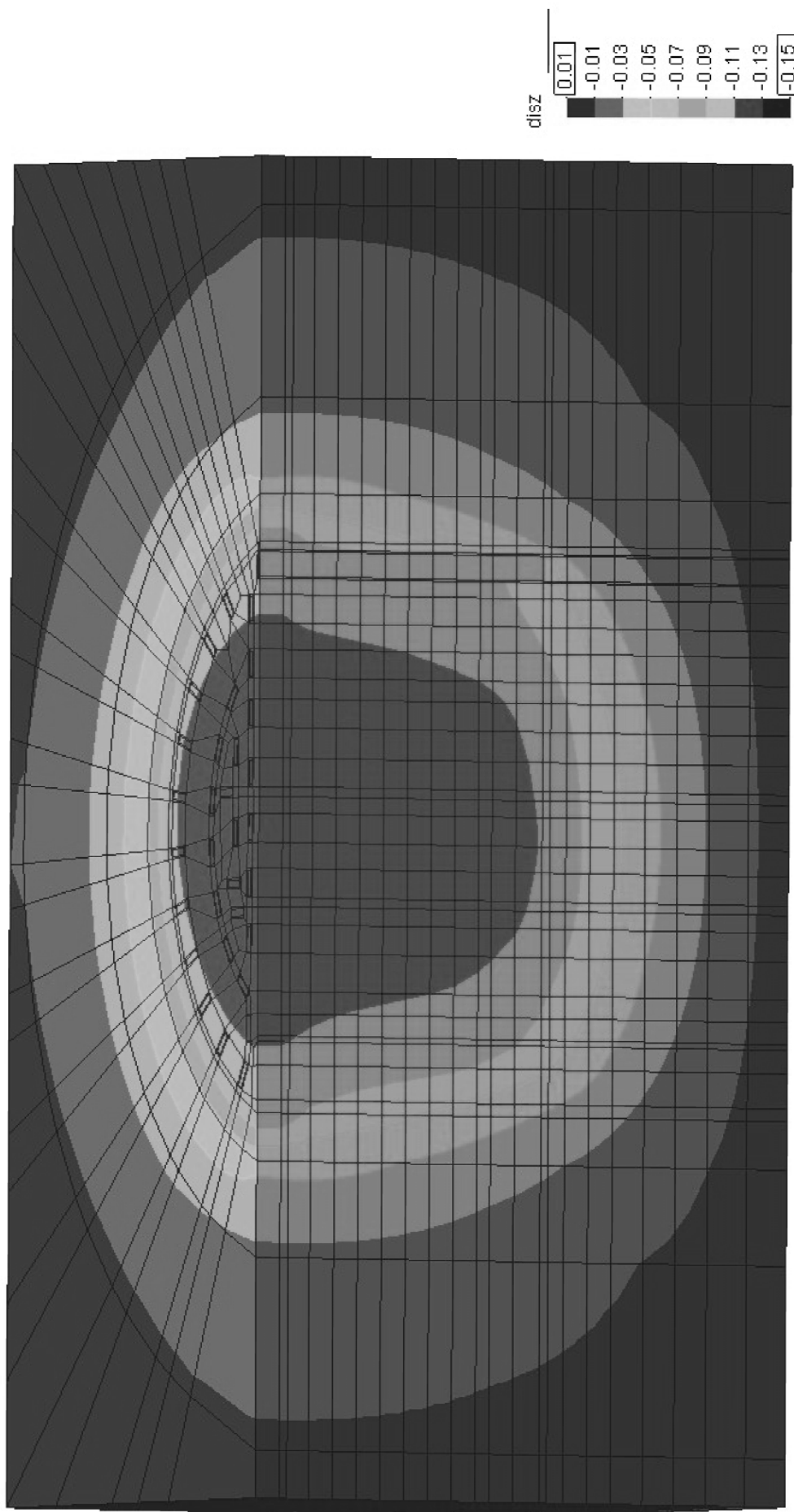


Рис. 9. Результати расчета осадок фундамента

нической категории 3. В рамках проектирования и проведения строительства была предусмотрена обширная программа мониторинга, включающая в себя постоянный геодезический контроль, контроль за уровнем грунтовых вод, а также инклинометрические измерения в склоне. Кроме того, в грунтовых анкерах были установлены измерительные приборы для контроля возникающих усилий. Все полученные в рамках измерений данные сверялись с проектными значениями и анализировались. Приобретенный опыт учитывался при строительстве других зданий комплекса.

Для контроля устойчивости, эксплуатационной пригодности и проверки расчетов высотных зданий башен А и В в рамках проекта комбинированного

свайно-плитного фундамента была разработана отдельная программа мониторинга. Целью программы является замер натурального распределения нагрузок между бареттами и фундаментной плитой.

В общей сложности в фундаменте башни А было установлено 8 датчиков для измерения давления на различных уровнях. Три датчика давления были установлены под фундаментной плитой, чтобы измерять передаваемое на грунт напряжение под подошвой плиты.

Кроме того, измерения проводятся для самых нагруженной внешней баретты и слабо нагруженной баретты внутри ядра с помощью датчиков давления на уровне между фундаментной плитой и оголовком баретты. Эти баретты также оснащены

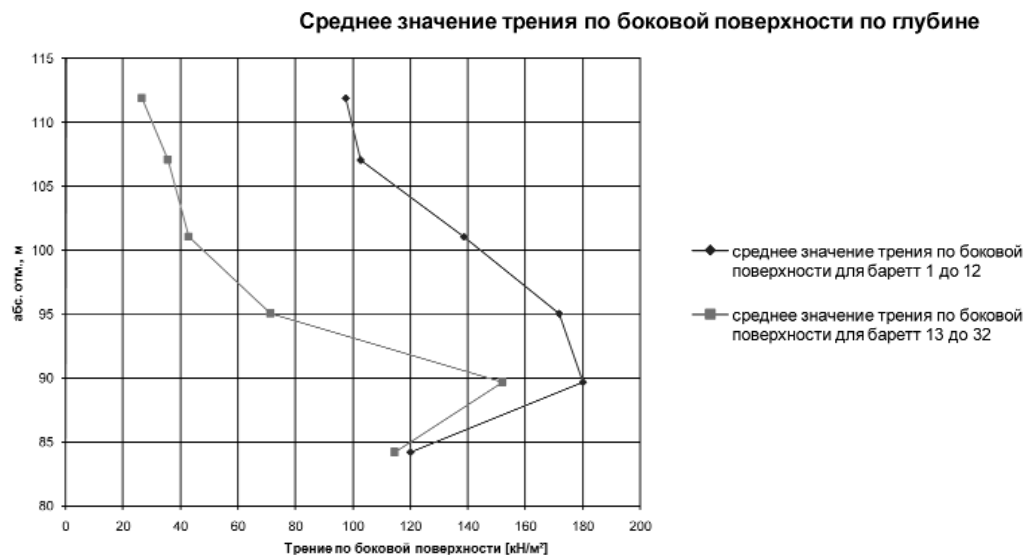


Рис. 10. Распределение нагрузок по глубине для наружных и внутренних баретт

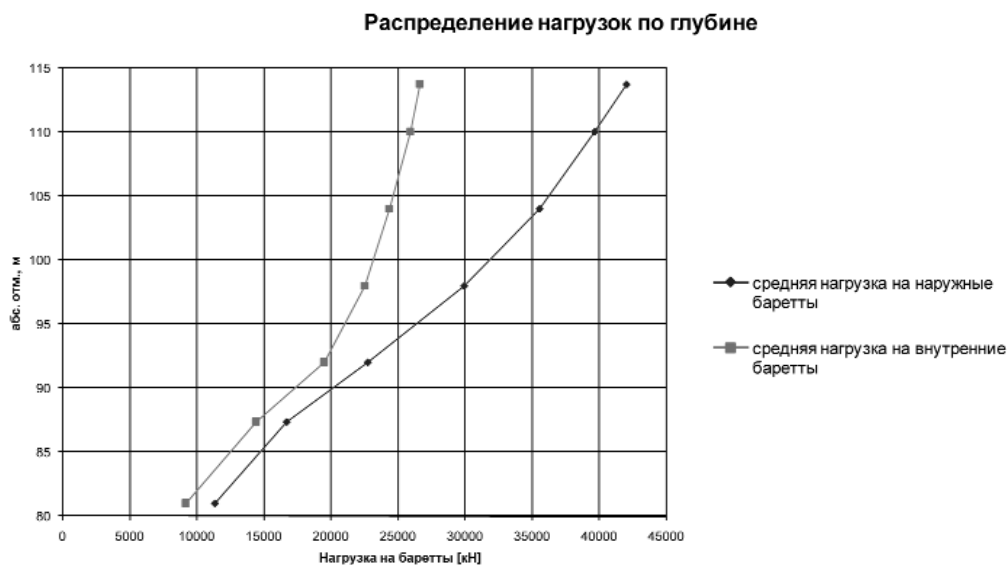


Рис. 11. Распределение мобилизуемого трения по боковой поверхности для наружных и внутренних баретт

тензометрами по длине на трех измерительных уровнях.

В области между ядром и наружными колоннами были установлены тензометры на арматуре, которые должны контролировать напряжение внутри фундаментной плиты. Проект мониторинга и метода наблюдений разрабатывался совместно с НИИ строительного производства.

Выводы

В рамках строительства комплекса «Mirax Plaza» в Киеве был получен уникальный опыт закрепления склона с помощью подпорных стен и анкеров в грунте, применения внешнего водопонижения для уменьшения гидростатических нагрузок на ограждение котлована, строительства комбинированного свайно-плитного фундамента и применения комплексной программы мониторинга.

При расчете несущей способности баретт были применены результаты испытания свай диаметром 0,82 м. В результате моделирования натурных испытаний свай полученные данные о несущей способности киевских грунтов, в особенности Киевской мергельной глины, а также песков Каневской и Бучаковской свит, подтверждают возможность восприятия более высоких нагрузок, чем это было принято по СНИП 2.02.03-85, и тем самым открывают новые возможности для расчета и оптимизации фундаментов глубокого заложения.

Сегодня расчет бареттных фундаментов проводится по аналогии с фундаментом на буронабивных сваях. При этом влияние масштабного эффекта остается, как правило, неучтенным. Вследствие технической сложности проведения статического испытания баретт оценка их поведения в натурных условиях также, как правило, базируется на статическом испытании буронабивных свай небольшого диаметра.

В этой связи кажется целесообразным провести ряд натурных испытаний баретт статической нагрузкой с целью определить коэффициенты пересчета от несущей способности буронабивной сваи к несущей способности баретт.

В настоящий момент ведутся измерения и после их анализа будут получены более точные данные в области поведения комбинированных свайно-плитных фундаментов в киевских грунтах и распределение нагрузок и бареттами между фундаментной плитой.

Анализ результатов измерений и применение комплексной программы мониторинга при высотном и других видах экспериментального строи-

тельства являются основополагающим фактором для усовершенствования знаний и технологий при строительстве нового поколения высотных зданий Киева в будущем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю.Ханиш, Р.Катценбах, Г.Кёниг. *Рекомендации по проектированию, расчету и устройству комбинированных свайно-плитных фундаментов (КСП)*, Эрнст & Зон, Берлин, 2001.

2. Ilyichev, V. A., Petrukhin, V. P., Kisin, B. F., Kolybin, I. V., Meschansky, A. B. *Geotechnical aspects of «Moscow-City» International Business Center design. Proceedings of the 15th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Volume 2, Istanbul 2001*

3. Katzenbach, R., Hoffmann, H., Vogler, M., Moormann, Ch. *Costoptimized foundation systems of high-rise structures, based on the results of actual geotechnical research. Proc. International Conference Trends in Tall Building – Tendenzen im Hochhausbau?*, Frankfurt am Main, 5.-7.9.2001, с. 421-443

4. EN 1997 EUROCODE 7 *Геотехніка. Проектування, расчеты, параметры; Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Geotechnical design*

АНОТАЦІЯ

У статті надано визначення нового для України типу фундаментів — барет, викладена методика їх проектування та правила влаштування. Наведений досвід проектування та влаштування комбінованого баретно-плитного фундаменту на прикладі проекту Mirax Plaza в Києві.

Ключові слова: висотне будівництво, геотехніка, основи і фундаменти, барети, проектування і влаштування, досвід застосування.

ANNOTATION

In this article the description of the new type of foundation for Ukraine the so called barrettes is provided. Furthermore, the methodology of the design and the construction principles are given. The design experience on the basis of the project Murax Plaza in Kiev for the compiled pile-raft foundations, using barrettes is described.

KeyWords: high-rise building construction, geotechnics, underground construction, foundation engineering, barrettes, designing and attachment, experience of application.

УДК: 721.01:624.012.3:681.3.06.

*О.С. Городецкий, д.т.н., проф., НИИСП;
В.Е. Боговис; Ю.В. Гензерский;
Ю.Д. Гераймович, к.т.н.;
Д.В. Марченко,
ТОВ «ЛИРА» Софт», Киев*

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ЛИРА» НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

АННОТАЦИЯ.

Программные комплексы семейства «ЛИРА» имеют более чем 40-летнюю историю создания, развития и применения в научных исследованиях и практике проектирования конструкций. Программные комплексы семейства «ЛИРА» непрерывно совершенствуются и адаптируются к новым операционным системам и графическим средам. ПК «ЛИРА» позволяет исследовать общую устойчивость рассчитываемой модели, проверить прочность сечений элементов по различным теориям разрушения. ПК «ЛИРА» предоставляет возможность производить расчеты объектов с учетом физической, геометрической, физико-геометрической и конструктивной нелинейностей, моделировать процесс возведения сооружения с учетом монтажа-демонтажа элементов с отслеживанием изменений физических свойств материалов.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, вариантное проектирование, каркас, плита, балка, колонна.

Программный комплекс «ЛИРА» предназначен для расчета и проектирования конструкций различного назначения.

К основным характерным особенностям ПК «ЛИРА» можно отнести:

- развитую интуитивную графическую среду пользователя «ЛИР-ВИЗОР» в стиле «MS Office» с возможностью 3D-визуализации расчетной схемы на всех этапах синтеза и анализа;
- мощный многофункциональный процессор, реализующий быстродействующие алгоритмы составления и решения систем уравнений с порядком до нескольких миллионов неизвестных. При решении задач с использованием суперэлементов не имеет ограничений на решаемую задачу;
- развитую библиотеку конечных элементов,

позволяющую создавать компьютерные модели практически любых конструкций и моделировать любые их свойства и принципы работы;

- возможность расчета на различные виды динамических воздействий (сейсмика, ветер с учетом пульсации, вибрационные нагрузки, импульс, удар, ответ-спектр, сейсмика на основе акселерограмм). Для сейсмических воздействий реализованы нормы дальнего и ближнего зарубежья. Выполняется расчет физически и геометрически нелинейных динамических задач прямым интегрированием во времени;

- конструирующие системы железобетонных и стальных элементов в соответствии с нормативами стран СНГ, Европы и США;

- специализированный документатор, позволяющий формировать отчет, состоящий из текстовой, табличной и графической информации с форматированием файлов для MS Office;

- связь с другими расчетными, графическими и документирующими системами САПФИР, Revit Structure, AutoCAD, ArchiCAD, Advance Steel, BoCAD, Allplan, STARK ES, Gmsh, MS Word, MS Excel, GLAZER и др. на основе DXF, MDB, STP, SLI, MSH, STL, OBJ, IFC и др. файлов;

- возможность изменения языка (русский/английский/французский) интерфейса и/или документирования на любом этапе работы;

- различные системы единиц измерения и их комбинации;

- реализация параллельных вычислений на многоядерных компьютерах;

ПК «ЛИРА» включает следующие расчетно-графические системы:

Основные системы

- **ЛИР-АРМ** — конструирующая система армирования. Реализует подбор площадей сечения арматуры колонн, балок, плит и оболочек по первому и второму предельным состояниям в соответствии с действующими в мире нормативами. Предусмотрено использование произвольных характеристик бетона и арматуры. Реализованы быстродействующие алгоритмы подбора арматуры по сечению элемента. По результатам расчета формируются чертежи балок и колонн, а также создаются dxf-файлы чертежей. Реализованы СП 52-101-2003, СНиП 2.03.01-84, Еврокод, ТСН 102-00, ДСТУ 3760-98.

- **ЛИР-ЛАРМ** — локальный режим армирова-

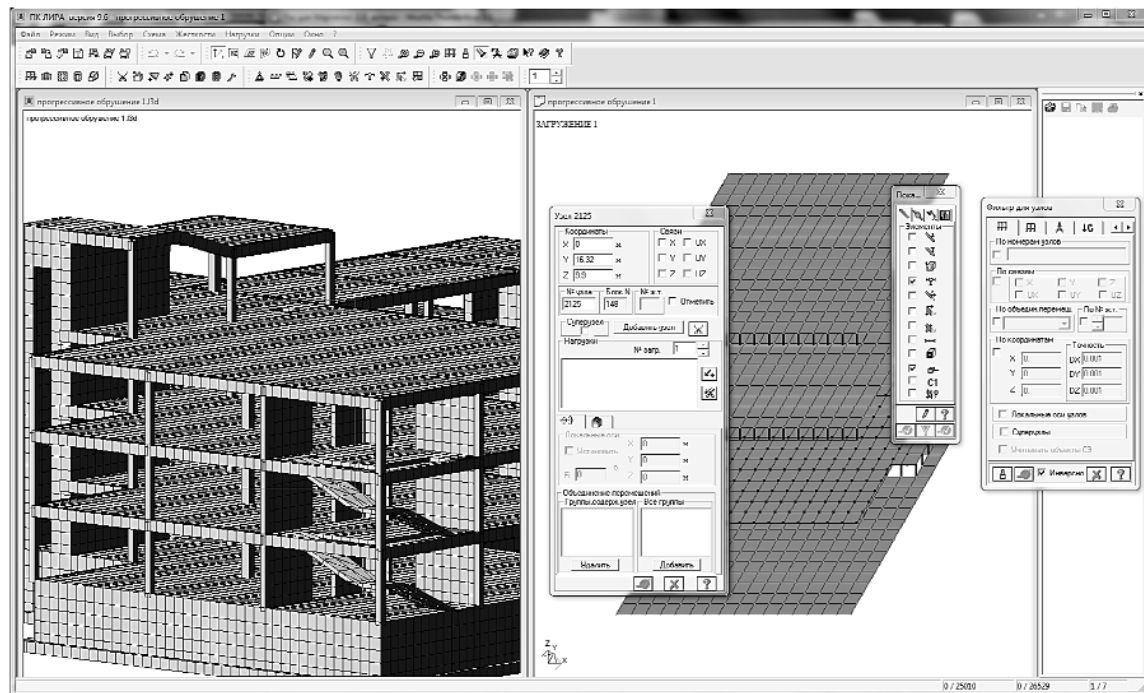


Рис. 1. Интуитивная графическая среда пользователя

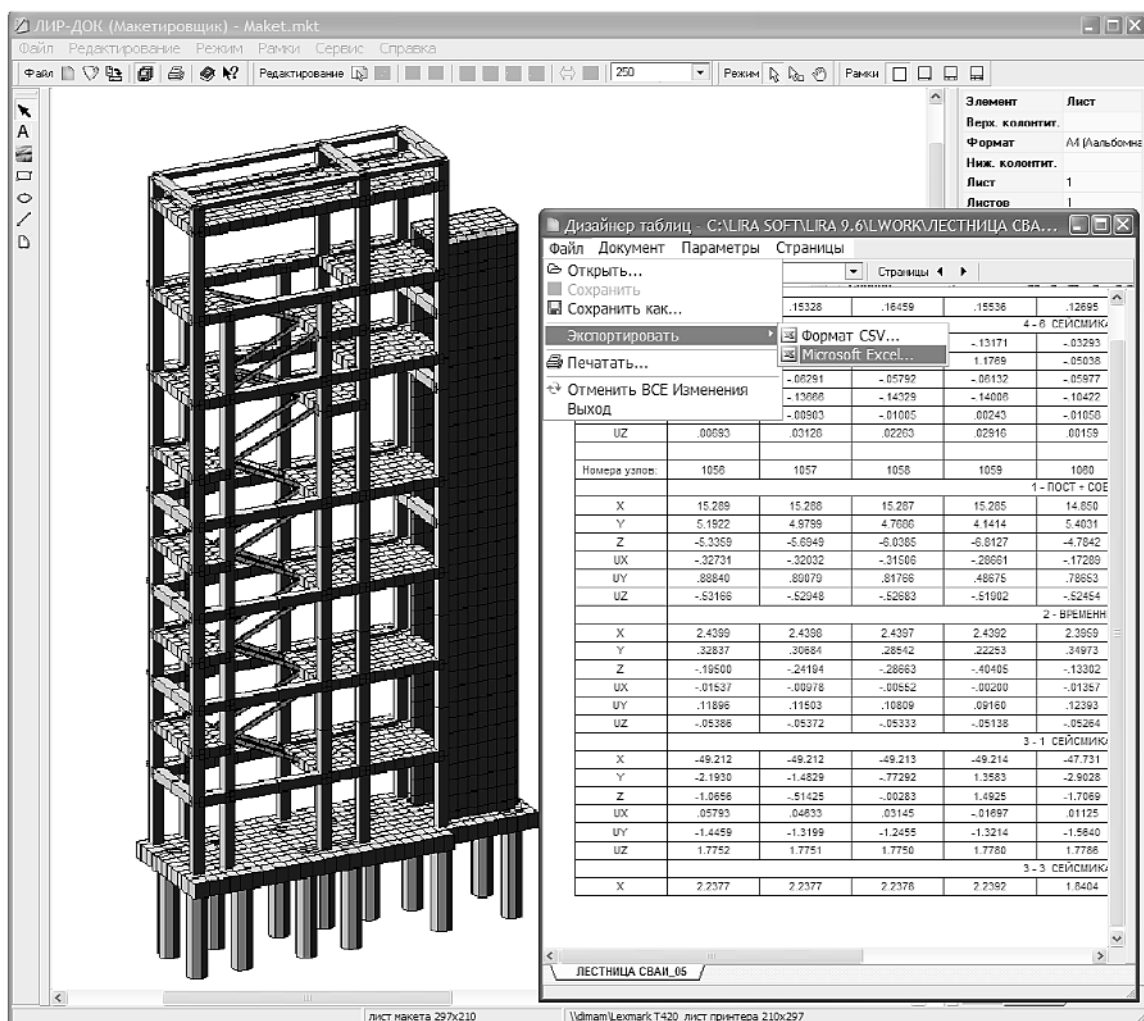


Рис. 2. Система документирования

ния. Позволяет конструировать отдельный железобетонный стержень или отдельный элемент пластины. Производится подбор и проверка заданного армирования. Реализованы СП 52-101-2003, СНиП 2.03.01-84, Еврокод, ТСН 102-00, ДСТУ 3760-98.

- **ЛИР-СТК** — стальные конструкции. Реализует конструирование элементов стальных конструкций и позволяет выполнять подбор и проверку сечений, а также рассчитывать и проектировать узлы стальных конструкций. Система может функционировать в локальном режиме, что позволяет проверить множество вариантов конструирования элементов. Реализованы СНиП II-23-82, Еврокод.

- **ЛИР-РС** — редактор стальных сортаментов. Представляет инструментарий для создания новых и редактирования существующих сортаментных баз прокатных и сварных профилей. Вместе с системой поставляется широкий набор существующих нормативных баз профилей и сталей стран СНГ, Европы и США.

- **ЛИР-КС** — конструктор сечений. Позволяет формировать сечения произвольной конфигурации и вычислять их осевые, изгибные, крутильные и сдвиговые характеристики. Вычисляются также секториальные характеристики, координаты центров изгиба и кручения, моменты сопротивления, определяется форма ядра сечения. Производится отображение картины распределения напряжений. Система позволяет создавать библиотеки сечений и экспортировать их в расчетные модули ПК «ЛИРА».

- **МОНТАЖ плюс**. Позволяет проводить компьютерное моделирование процесса возведения различных конструкций, в том числе высотных зданий с учетом многократного изменения расчетной схемы, демонтажа стоек опалубки, приложения и снятия монтажной нагрузки, различной жесткости и прочности бетона, вызванной временным замораживанием уложенной смеси и другими факторами.

- **ГРУНТ**. Позволяет по данным инженерно-геологических изысканий (расположения и характеристики скважин) построить трехмерную модель грунтового массива, определить переменные по области проектируемой фундаментной плиты коэффициенты постели с автоматическим определением их величин для каждого конечного элемента плиты. Учитывается влияние близлежащих зда-

ний. Реализованы различные методы определения коэффициентов постели.

- **«ЛИРА»-КМ**. Позволяет по данным расчета стальных конструкций (подбор или проверка сечений унифицированных элементов, расчет и унификация узлов) в среде «ЛИРА» получить монтажные схемы с маркировкой элементов и узлов, ведомости элементов, чертежи узлов с возможной трехмерной визуализацией и спецификации, т.е. полный комплект чертежей КМ в среде AutoCAD.

- **Вариации моделей**. Позволяет в рамках одной задачи с получением РСУ и РСН варьировать жесткости, коэффициенты постели, граничные условия, нагрузки. Эта процедура в рамках одной задачи позволяет учитывать увеличение жесткости грунтового основания при кратковременных воздействиях (ветер, сейсмика и др.), решать задачи устойчивости к прогрессирующему разрушению на основе последовательного удаления наиболее ответственных элементов, учитывать пониженные модули деформации при температурных воздействиях, в удобном режиме выполнять варианты расчеты и многое другое.

- **МОСТ**. Позволяет строить поверхности влияния в назначенных пользователем элементах мостовой конструкции от подвижной нагрузки, получать РСУ и, передав их в ЛИР-КС, определять напряжения в элементах сечения пролетных строений стальных мостов.

- **ДИНАМИКА плюс**. Позволяет проводить расчет на динамические воздействия с учетом нелинейных свойств конструкций (физическая, геометрическая, конструктивная нелинейность), в том числе и на сейсмические воздействия с учетом акселерограмм, что особенно важно для проектирования высотных зданий.

ПК «ЛИРА» в первую очередь ориентирован на массового пользователя и обладает всеми необходимыми возможностями, характерными для промышленных программ:

- визуализация расчетных схем на всех этапах ее синтеза и анализа;
- диагностика ошибок;
- наличие подробной инструкции;
- наличие контекстных подсказок, исключающих для пользователя возникновение непреодолимых ситуаций;
- наличие многочисленных и многовариантных приемов создания модели (фильтры, маркеры, дескрипторы, навигация, многоязычность, различ-

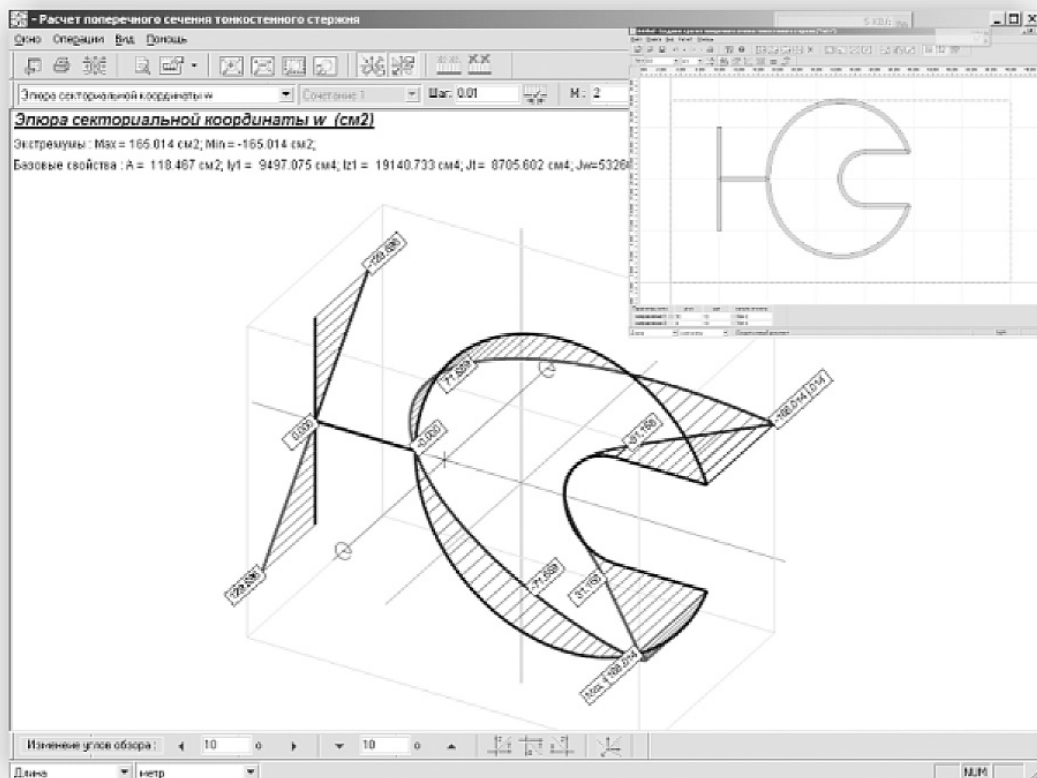


Рис. 3. Эюра секториальной координаты

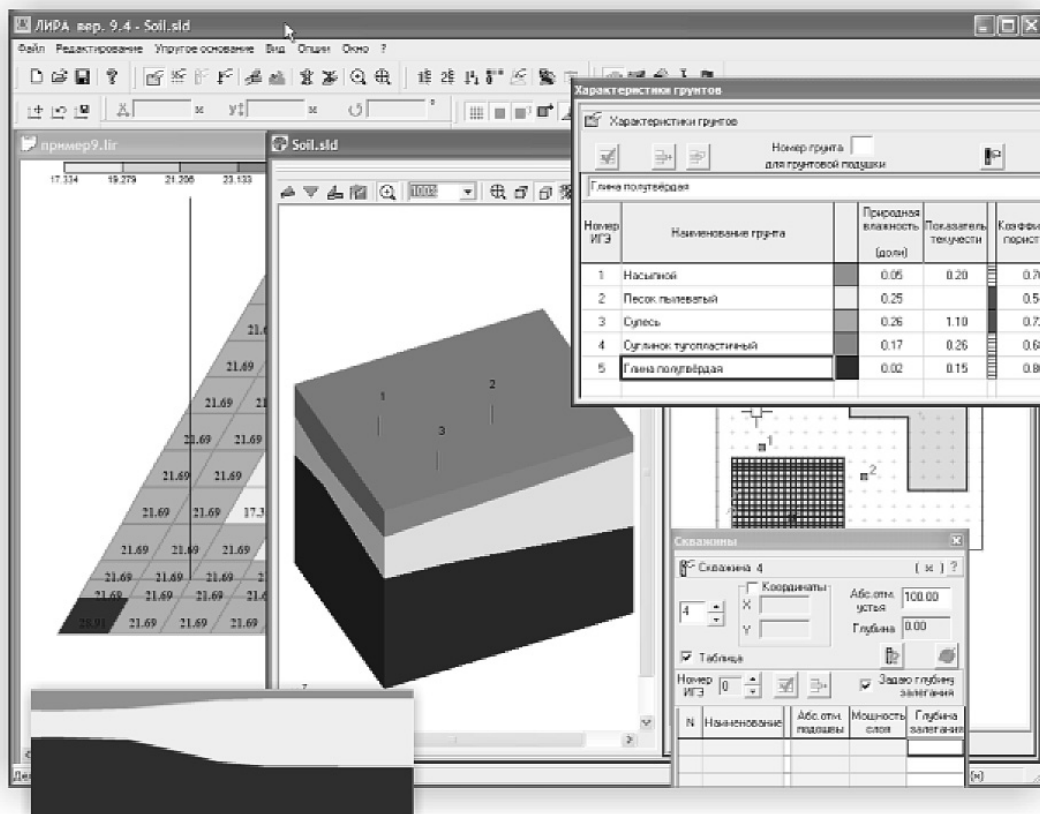


Рис. 4. Характеристики грунтов

ные системы единиц измерения, построение любых сечений, масштабируемость, многооконный режим, режим отменить-вернуть и др.);

- наличие многочисленных приемов анализа результатов (построение изополей, изолиний напряжений, перемещений, усилий, анимация колебаний, построение деформированных схем, цифровая и цветовая индикация элементов и их атрибутов, регулируемый масштаб изображения);
- идентификация прохождения задачи в процессе;
- наличие развитой системы документирования.

Вместе с тем ПК «ЛИРА» – это наукоемкая раз-

работка, позволяющая не только проводить расчет в традиционном понимании этого термина (определение напряженно-деформированного состояния, соответствующего заданной расчетной схеме), но и проводить сложные научные исследования, ставить численные эксперименты, выполнять многовариантное проектирование, проводить компьютерное моделирование процессов жизненного цикла конструкции – процесс возведения, процесс сопротивления конструкции прогрессирующему разрушению, процесс изменения НДС в эксплуатационной стадии, вызванной реологическими свойствами материала (ползучесть), процесс нагружения с выявлением последовательного раз-

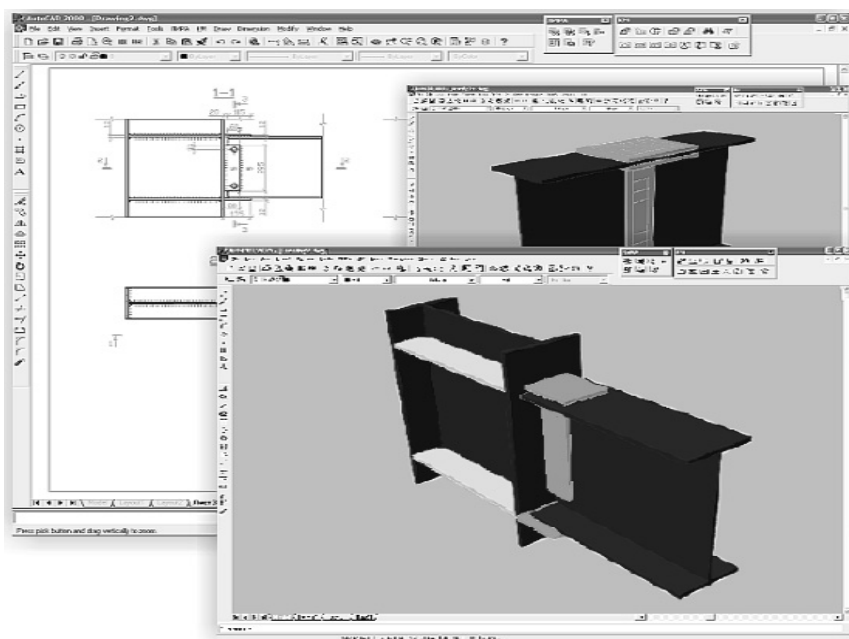


Рис. 5. Расчет стальных конструкций

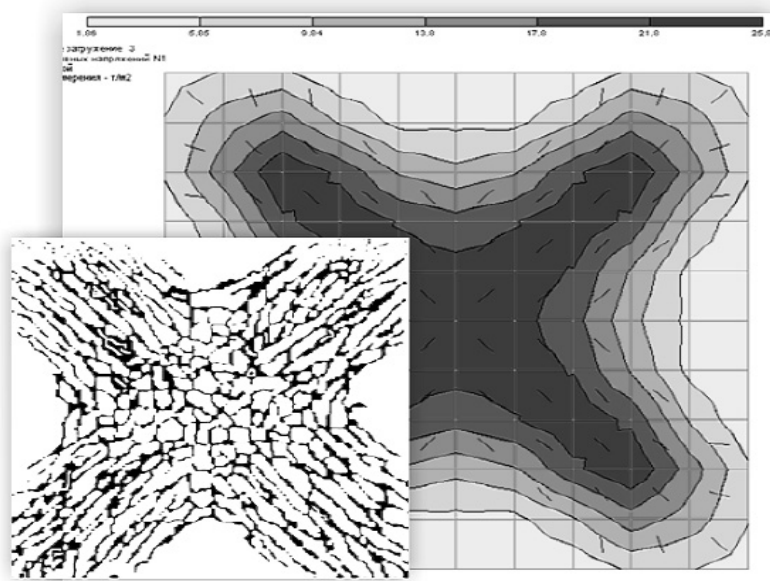


Рис. 6. Результаты компьютерного моделирования процесса нагружения (картина трещин) железобетонной плиты и сравнение их с натуральным экспериментом

вития трещин для железобетонных конструкций, пластических деформаций арматуры вплоть до разрушения конструкции и др.

Вот неполный перечень реализаций, определяющих наукоемкость ПК «ЛИРА»:

- суперэлементное моделирование с визуализацией на всех этапах расчета, позволяющее снять любые ограничения на размер решаемой задачи;

- модули учета физической нелинейности на основе различных нелинейных зависимостей σ - ϵ , обеспечивающие возможность компьютерного моделирования процесса нагружения моно- и биматериальных железобетонных конструкций с прослеживанием развития трещин, проявлением деформаций ползучести и текучести, вплоть до получения картины разрушения конструкции;

- модули учета геометрической нелинейности, позволяющие проводить расчет как изначально геометрически неизменяемых конструкций (гибкие плиты, оболочки, фермы и др.) так и конструкций, воспринимающих нагрузку только за счет существенного изменения своей первоначальной формы (отдельные канаты, вантовые фермы, висячие покрытия, тенты, мембраны);

- большой набор специальных конечных элементов, позволяющий составлять адекватные компьютерные модели сложных и неординарных сооружений: специальный элемент «форкопф» позволяет моделировать процесс предварительного натяжения; набор специальных КЭ позволяет моделировать трение, проскальзывание и др. эффекты; элемент «абсолютно жесткое тело» моделирует узлы примыкания колонны к безригельному перекрытию и др;

- специальная процедура позволяет выполнить автоматическую триангуляцию трехмерного грунтового массива, наложить полученную конечно-элементную сетку на трехмерную модель грунта и назначить физико-механические характеристики каждому конечному элементу в зависимости от его местонахождения. Возможность получения изополей напряжений и перемещений на произвольных плоских сечениях грунтового массива облегчает анализ НДС грунта.

Лицензионные пользователи ПК «ЛИРА» имеют возможность тесного сотрудничества с группой сопровождения, в рамках которого осуществляется учеба на курсах, мультимедийные семинары, консультации по телефону, электронной почте, рекомендации по составлению компьютерных моделей

и конструктивных решений.

ПК «ЛИРА» непрерывно развивается и совершенствуется: реализуются требования многочисленных пользователей, совершенствуется интерфейс пользователя, наращиваются возможности компьютерного моделирования, выполняется адаптация к новейшим операционным средам и техническим платформам. С периодом 1,5 – 2 года выпускаются новые версии, а каждые 2 – 3 месяца проводится оперативное обновление в рамках релизов.

АНОТАЦІЯ

Програмні комплекси сімейства «ЛІРА» мають більш ніж 40-річну історію створення, розвитку й застосування в наукових дослідженнях і практиці проектування конструкцій. Програмні комплекси сімейства «ЛІРА» безперервно удосконалюються й адаптуються до нових операційних систем і графічних середовищ. ПК «ЛІРА» дозволяє досліджувати загальну стійкість моделі, що розраховується, перевірити міцність перерізів елементів по різних теоріях руйнування. ПК «ЛІРА» надає можливість здійснювати розрахунки об'єктів з урахуванням фізичної, геометричної, фізико-геометричної й конструктивної нелінійностей, моделювати процес зведення споруди з урахуванням монтажу- демонтажу елементів з відстеженням змін фізичних властивостей матеріалів.

Ключові слова: залізобетонні конструкції, варіантне проектування, каркас, плита, балка, колона.

ANNOTATION

LIRA family products were created more than 40 years ago and since then they are developed and used in scientific research and in practice of design of structures. LIRA family products are constantly developed and modified to new operating systems and graphic environments. LIRA program enables the user to analyse overall stability of the model, check strength of element sections according to different criteria of rupture. In LIRA program the user could analyse structures with account of material, geometrical, material-geometrical and structural nonlinearities, simulate erection of structure with account of assemblage/disassemblage of elements and trace changes in material properties.

Key Words: reinforced, variant design, framework, slab, beam, column.

УДК : 721.01:624.012.3:681.3.06.

*Д.А. Городецкий к.т.н.; А.А. Рассказов, к.т.н.;
А.А. Лазарев; Л.Г. Батрак;
А.М. Маснуха, ТОВ «Лира Софт»;
В.П. Максименко, НИИСП, Киев*

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «МОНОМАХ» ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОТНЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

АННОТАЦИЯ

В настоящее время развитие строительной механики идет по пути разработки всё более совершенных аналитических и численных методов, ориентированных на широкое применение в расчетных комплексах. Все теснее становится связь задач строительной механики с проектированием конструкций, с технологией их изготовления и монтажа. ПК «МОНОМАХ» позволяет решать большой класс задач строительной механики и успешно применяется в расчетах зданий и сооружений во многих странах.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, вариантное проектирование, каркас, плита, балка, колонна.

Назначение и преимущества ПК «МОНОМАХ»

ПК «МОНОМАХ» представляет собой универсальный программный комплекс, позволяющий решать большой класс задач расчета и проектирования железобетонных, каменных и армокаменных конструкций. Этапы проектирования и расчета конструкций, выполняемые с использованием различных программных продуктов, в ПК «МОНОМАХ» объединены в рамках общего комплексного подхода. Этот подход обеспечивает значительное упрощение работы и увеличение скорости проектирования.

Область применения ПК «МОНОМАХ» весьма разнообразна — это расчет и проектирование монолитных железобетонных зданий, высотных зданий, сборных зданий рамной и рамно-связевой конфигурации, кирпичных зданий со сложным планом, переменной конфигурацией по высоте, большим количеством нерегулярных включений и многими другими особенностями.

В ПК «МОНОМАХ» реализованы нормативы СНГ и ряда стран: СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия», СНиП II-7-81 «Строительство в сейсмических районах», СНиП 2.03.01-84 «Бетон-

ные и железобетонные конструкции», СНиП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции», СП 52-101-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции», ТСН102-00 «Железобетонные конструкции с арматурой классов А500С и А400С», СНиП II-22-81 «Каменные и армокаменные конструкции», СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений», СП 50-101-2004 «Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений», СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты», СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов», МГСН 2.07-01 «Основания, фундаменты и подземные сооружения», СНиП 2.09.03-85 «Сооружения промышленных предприятий», СП 50-101-2004 «Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений», СНиП II-7-81 с изм. 2000 г., СНиП II-7-81 с изм. 1996 г., СНиП II-7-81, ДБН «Высотные здания», МГСН 4.19-05, СНРА II-2.02.94, КМК 2.01.03-96, СНиП РК 2.03-30-2006, СНТ 2.01.08-99, МКС ЧТ 22-07-2007, ИВС-2000, PS-92, RPA99, RPS-2000, Ответ-спектр. Для учета ветрового воздействия указываются нормы СНиП 2.01.07-85, ДБН, ASCE798, N&V 65.

Работая в среде ПК «МОНОМАХ», от пользователя не требуется глубоких знаний метода конечных элементов (МКЭ) и специфических знаний по работе со сложными расчетными комплексами, поскольку при создании расчетной модели сооружения ему предоставляется возможность оперировать общепринятыми терминами: оси, балки, плита, колонна, этаж, отверстие, форма штампа приложенной нагрузки и т.д. Процедура создания конструктивной схемы концептуально очень близка к архитектурным программам (ArchiCAD, Revit, Allplan, ADT и др. см.рис.1), поэтому на уровне вариантного проектирования архитектор для проверки правомерности принятых решений может работать в ПК «МОНОМАХ» самостоятельно, не прибегая к помощи конструктора.

ПК «МОНОМАХ» может быть использован на разных этапах проектирования. На стадии принятия проектных решений за короткое время можно выполнять многовариантное проектирование, получить результаты расчетов вариантов конструктивных схем с различной расстановкой колонн, диафрагм, свай, с разной толщиной плит и пр., а также определить расход материалов и стоимость конструкций здания. Применение ПК «МОНОМАХ» на стадии рабочего проектирования позволяет создать расчетную схему, выдать результаты расчетов и эскизы рабочих чертежей в единой среде, что позволяет существенно сократить сроки

выполнения работ. Есть возможность расчета сооружений совместно с грунтовым основанием на базе создаваемой 3D-модели грунтового массива по имеющимся инженерно-геологическим данным. ПК «МОНОМАХ» предоставляет пользователю возможность задания фундаментов как на естественном, так и на свайном основании, причем с различными вариантами описания жесткостных характеристик свай.

ПК «МОНОМАХ» имеет экспертную систему, которая на всех этапах автоматизированного проектирования дает пользователю подсказки относительно обоснования принятых конструктивных решений, таких как выбор размеров сечения несущих конструкций, расстановка диафрагм жесткости, обеспечение тех или иных требований нормативных документов.

В ПК «МОНОМАХ» реализован широкий спектр возможностей по межпрограммной передаче данных:

- импорт из комплекса AutoCAD набора плоских планов этажей в формате DXF. В результате импорта в ПК «МОНОМАХ» автоматически генерируется пространственная многоэтажная расчетная схема с заданными параметрами сечений конструктивных элементов;

- импорт из цифровой модели объекта (ЦМО используется в интегрированной технологической линии проектирования). Эта линия проектирования объединяет большое количество различных архитектурных программ (САПФИР, ArchiCAD, AutoCAD и др.);

- экспорт расчетной схемы в программный комплекс «ЛИРА» с возможностью автоматической генерации сетки конечных элементов (КЭ), экспорта жесткостных параметров КЭ, нагрузок, стадий монтажа здания, абсолютно жестких тел и т.д.;

- экспорт нагрузок на фундамент и слоев грунтов в ПК ФОК и в программу «ФУНДАМЕНТ» для дальнейшего расчета и проектирования столбчатых фундаментов.

Все чертежи, сформированные в ПК «МОНОМАХ», могут быть сохранены в формате DXF и экспортированы в любые программы, поддерживающие этот формат.

Возможности межпрограммной передачи данных о расчетных моделях непрерывно развиваются. Расширяется спектр реализованных функций импорта и экспорта для новых типов и форматов файлов.

В состав ПК «МОНОМАХ» входят следующие программы: «КОМПОНОВКА», «БАЛКА», «КОЛОННА», «ФУНДАМЕНТ», «ПОДПОРНАЯ

СТЕНА», «ПЛИТА», «РАЗРЕЗ» (СТЕНА), «КИРПИЧ» и «ГРУНТ». Данные программы связаны информативно, но в то же время могут работать в автономном режиме.

Программа «КОМПОНОВКА» — это основной модуль ПК «МОНОМАХ». Он позволяет в короткий срок сформировать схему здания, выполнить статический и динамический расчеты, определить расход материалов, оценить стоимость конструкций и экспортировать данные для конструирующих программ («ПЛИТА», «БАЛКА» и т.д.). В программе «КОМПОНОВКА» формируются модели здания, при помощи следующих операций:

- расстановка строительных осей, колонн, балок, стен, перегородок, плит перекрытия и фундаментных плит произвольной конфигурации, а также свай;

- задание отверстий в стенах (с возможностью формирования собственной базы отверстий), плитах перекрытия, фундаментных плитах;

- задание нагрузок в виде сосредоточенных сил или произвольных штампов равномерно распределенной нагрузки, для задания ветровой и сейсмической нагрузки указывается только направление воздействия и район строительства;

- расчет здания на горизонтальные нагрузки, вызванные ветровыми, в том числе неравномерным давлением по высоте (по результатам обдува), сейсмическими воздействиями и боковым давлением грунта;

- подбор и проверка сечений конструктивных элементов;

- определение перемещений и усилий, частот и периодов колебаний методом конечных элементов с анимацией колебаний;

- учет реальных инженерно-геологических условий площадки строительства при импорте модели грунта, созданной в программе «ГРУНТ»;

- формирование и экспорт данных для конструирующих программ.

Программа «КОМПОНОВКА» является удобным инструментом как при рабочем проектировании, так и при необходимости быстрой оценки жизнеспособности конструктивных решений.

Программа «БАЛКА» позволяет спроектировать монолитную одно- или многопролетную неразрезную балку с переменной высотой сечения по пролетам. Сечение балки может быть прямоугольным, тавровым, коробчатым и др.; нагрузка — равномерно распределенная по пролету, по части пролета, сосредоточенные вертикальные силы и моменты. Схема балки, сечение, нагрузки, сведения о материалах и требования конструирования задаются или корректируются в интерактивном

режиме. Программа выполняет статический расчет балки с построением огибающих эпюр перемещений и усилий, определяет расчетную площадь арматуры, выполняет построение эпюры материалов, конструирование балки с выдачей чертежа (рис.2).

Программа **«КОЛОННА»** дает возможность спроектировать монолитную колонну с различной формой сечения: прямоугольной, тавровой, крестовой, уголкового, кольцевой и др. Схема формируется в режиме импорта и в автономном режиме. Колонна рассчитывается на действие сжимающей силы и моментов в двух плоскостях (косое внецентренное сжатие). Форма и размеры сечения, нагрузки, материалы задаются в интерактивном режиме. Для пилонов учитываются особенности расположения арматуры по длинным сторонам. Программа выполняет расчет по первому и второму предельному состоянию (расчет по раскрытию трещин), определяет расчетную площадь арматуры, выполняет конструирование колонны и выводит чертеж (рис.3).

Программа **«ФУНДАМЕНТ»** позволяет спроектировать монолитный столбчатый фундамент под колонны и короткие участки стен для заданных инженерно-геологических условий. Схема формируется в режиме импорта и в автономном режиме. Программа выполняет расчет основания и фундамента, определяет необходимую площадь сечения арматуры и производит конструирование фундамента. В программе учитывается просадочность грунтов. Есть возможность импорта из программы **«КОЛОННА»** в программу **«Фундамент»** данных об арматурных выпусках, соответствующих расположению арматурных стержней в примыкаемой колонне. Выполняется чертеж спроектированного фундамента (рис.4).

Программа **«ПОДПОРНАЯ СТЕНА»** проектирует монолитную уголковою подпорную стену и выполняет проверку массивной подпорной стены для заданных инженерно-геологических условий. Схема формируется в автономном режиме. В программе можно задавать нагрузки как на лицевую панель подпорной стены, так и на грунт за сыпки, в том числе подвижные нагрузки (АК, НК-80, НГ-60 и др.). Программа выполняет расчет устойчивости основания, расчет и конструирование подпорной стены. Выполняется чертеж и выводится расход материалов на погонный метр спроектированной подпорной стены (рис.5).

В программе **«ПЛИТА»** проектируются монолитная железобетонная плита перекрытия и фундаментная плита. Фундаментная плита рассмат-

ривается на естественном основании или на свайном поле произвольного очертания. Учитывается переменная толщина плиты и наличие отверстий. Сведения о грунтовом основании задаются или импортируются из программы **«ГРУНТ»**. После статического расчета программа выполняет построение полей перемещений и усилий, определяет расчетную площадь арматуры. Производится расчет на продавливание. Осуществляется конструирование плиты. По результатам конструирования выполняется чертеж с автоматической генерацией спецификаций и ведомости расхода стали. При необходимости производится экспорт расчетной схемы плиты в программный комплекс **«Лири»**.

Программа **«РАЗРЕЗ» (СТЕНА)** позволяет за проектировать монолитную железобетонную стену произвольного контура совместно с примыкающими рамными конструкциями. Учитывается наличие отверстий и участков стены разной толщины. Программа выполняет статический расчет плоской схемы разреза с построением эпюр усилий, изополей перемещений и напряжений. Определяется расчетная площадь арматуры для стеновых элементов и выполняется конструирование для указанных зон. По результатам делается чертеж (рис.6). При необходимости выполняется экспорт расчетной схемы разреза в программный комплекс **«Лири»**.

Программа **«КИРПИЧ»** выполняет расчет армирования стен кирпичных зданий. Используя в комплексе программы **«КИРПИЧ»**, **«КОМПОНОВКА»** и **«ГРУНТ»**, пользователь получает удобный инструмент для работы с каменными и армокаменными конструкциями. При вычислении усилий в программе **«КОМПОНОВКА»** учитывается совместная пространственная работа несущих кирпичных и железобетонных элементов здания (поясов, железобетонных сердечников, фундаментной плиты, диафрагм, колонн, пилонов), а также эксцентриситеты приложения нагрузок от плит перекрытий и балок. В процессе расчета определяется необходимое количество сеток и подбираются стержни вертикального армирования. Возможен расчет на заданное усиление старой кладки: металлическими уголками, железобетонной обшивкой и др. Выдается коэффициент запаса несущей способности кладки. Выполняется чертеж с раскладкой сеток по сечению стен.

Программа **«ГРУНТ»** формирует пространственную модель грунтового основания по заданным инженерно-геологическим условиям площадки строительства (рис.7). Для описания площадки строительства задается база характеристик слоев

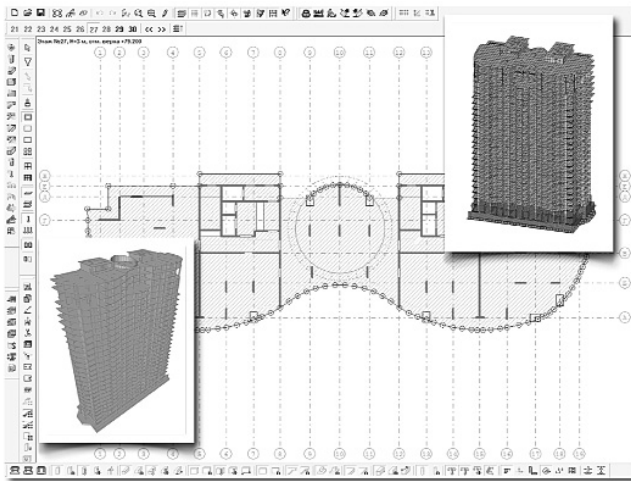


Рис.1. Рабочее окно ПК «МОНОМАХ» с планом этажа, 3-Д видом и схемой МКЭ

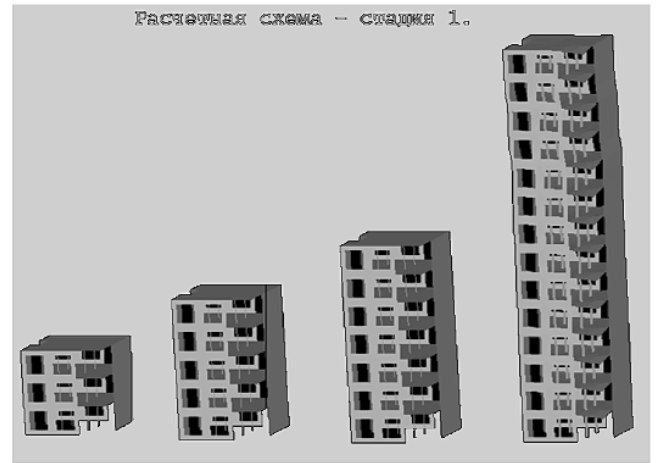


Рис.1.а Учет стадий монтажа при расчете здания

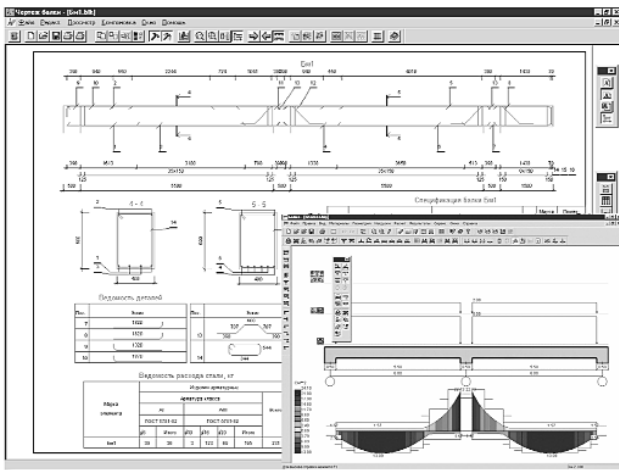


Рис.2. Рабочее окно ПС «БАЛКА» и конструктивный чертеж балки со спецификацией

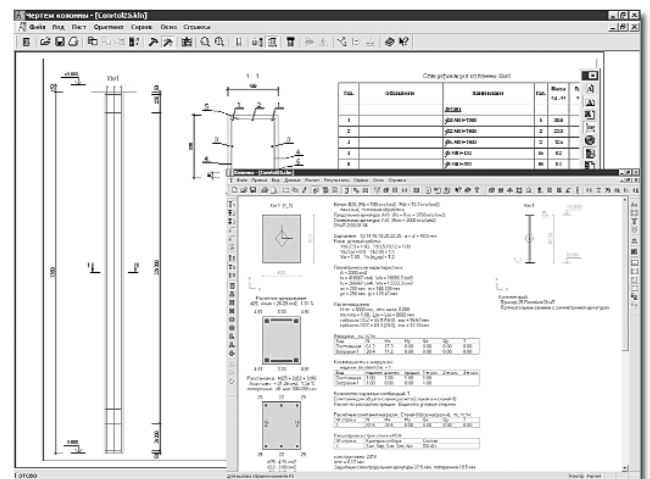


Рис.3. Рабочее окно ПС «КОЛОНА» и конструктивный чертеж со спецификацией

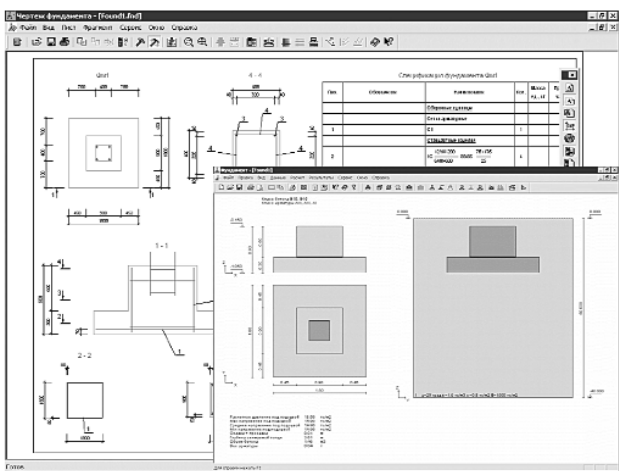


Рис.4. Рабочее окно ПС «ФУНДАМЕНТ»

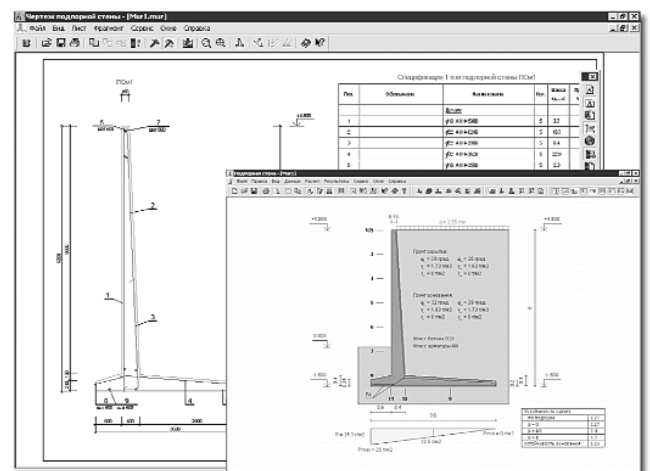


Рис.5. Рабочее окно ПС «ПОДПОРНАЯ СТЕНА»

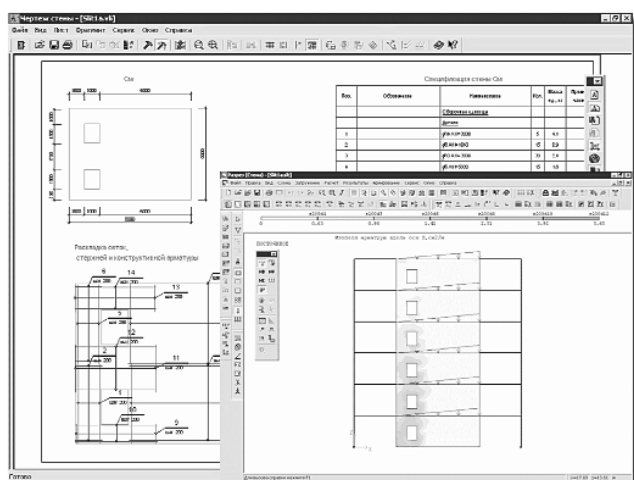


Рис. 6. Рабочее окно ПС «РАЗРЕЗ» и спецификация расхода материалов

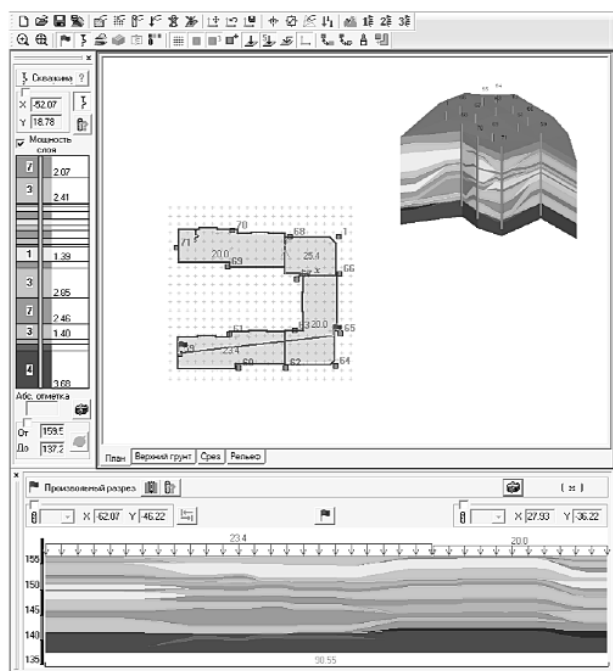


Рис. 7. Рабочее окно ПС «ГРУНТ»

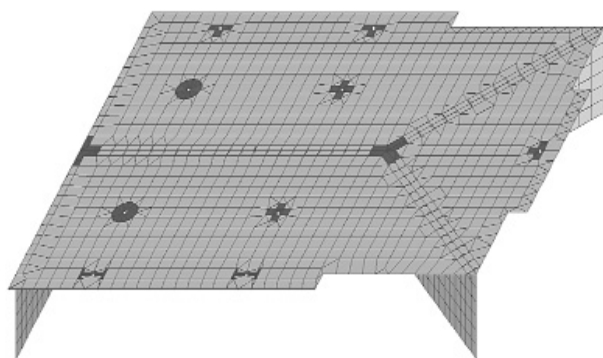


Рис. 8. Схема МКЭ перекрытия с генерацией АЖТ

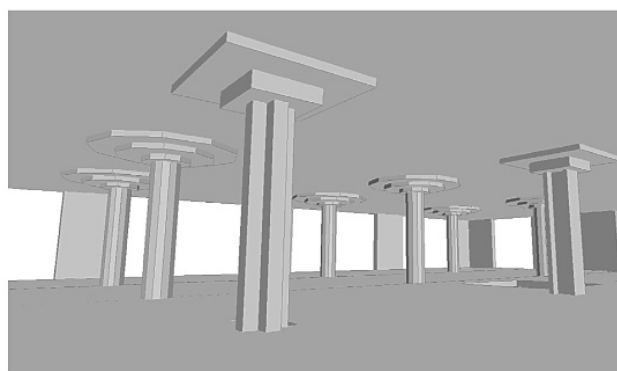


Рис. 9. Задание произвольного вида капителей в ПК «МОНОМАХ»



Рис. 10. Задание пересекающихся отверстий в стенах

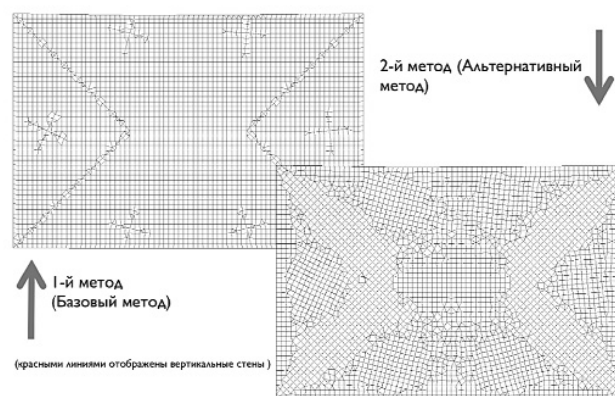


Рис. 11. Базовый и новый методы триангуляции плит

грунта, указывается расположение и отметки устья скважин, слои грунта, составляющие ту или иную скважину. Для произвольных штампов нагрузок от проектируемых или существующих зданий определяется поле осадок. По нескольким методикам выполняется расчет и определение коэффициентов постели, а для свайного основания — характеристик свай (несущая способность и осадки). Модель грунтового основания экспортируется в программы «КОМПОНОВКА» и «ПЛИТА», где используется при расчете отдельных фундаментов и фундаментных плит.

Программный комплекс «МОНОМАХ» непрерывно совершенствуется как в направлении удобства интерфейса, так и в направлении реализации новых возможностей. Так в последней версии 4.5 реализован ряд новых возможностей:

1. Трафарет перемещений. Для плит перекрытий реализован экспорт в программу «ПЛИТА» результатов МКЭ расчета из программы «КОМПОНОВКА» в виде трафарета перемещений в узлах и линиях примыкания соседних элементов (в версии 4.2 ПК «МОНОМАХ» эта процедура была реализована только для программы «РАЗРЕЗ»). В ПК «МОНОМАХ» в полном объеме реализован классический метод фрагментации (так как основная схема и фрагмент рассчитывается методом перемещений, т.е. разрешающей функций является перемещение, то и взаимодействия между основной схемой и фрагментом наиболее естественно формулировать в перемещениях). Общая конструктивная схема рассчитывается в программе «КОМПОНОВКА» на все виды воздействий при достаточно грубой конечно-элементной сетке, а отдельные фрагменты (плиты, стены) подробно рассчитываются в локальных программах. При этом имеется возможность использовать все преимущества локальных программ — сгущение сетки КЭ, подробное компьютерное моделирование отдельных узлов, использование удобных приемов определения армирования. При этом адекватно учитываются различные эффекты, связанные с работой фрагмента в общей конструктивной схеме. Так, например, для плит при расчете в программе «ПЛИТА» учитывается неравномерная осадка колонн и стен, полученная из общего расчета каркаса.

2. Поэтапное возведение здания. Реализована возможность учета поэтапности возведения здания с выравниванием уровней перекрытий. Этим самым моделируется натурный процесс возведения здания, когда при замоноличивании перекрытия выравниваются перемещения вертикальных

элементов от собственного веса возведенной конструкции. Для организации учета поэтапности возведения пользователю достаточно указать только номера тех этажей, которые входят в тот или иной этап (рис.1.а). Собственный вес прикладывается к элементам в момент их возведения. Для остальных нагрузок постоянного нагружения имеется возможность указать момент их появления. Нагрузки всех других нагружений прикладываются после возведения всего здания.

3. Автоматическая генерация абсолютно жестких тел (АЖТ). Реализована возможность автоматической генерации абсолютно жестких тел (АЖТ) для стыков колонн и стен с плитами перекрытий. Конфигурация АЖТ соответствует сечению примыкаемого вертикального элемента (для колонн — прямоугольное, крестовое, угловое, тавровое, двутавровое, круглое и др.; для стен — АЖТ соответствующей конфигурации в узлах пересечений двух или нескольких стен под различными углами и набор АЖТ на внутренних узлах стены). Откорректирован алгоритм триангуляции, учитывающий наличие АЖТ.

4. Задание капителей. Реализована возможность моделирования капителей. Пользователь моделирует капители набором плит различной толщины и произвольной конфигурации. В характеристиках этажа пользователь указывает взаимное расположение плит этажа по высоте (рис.9): выравнивание по верхним граням (капитель снизу); выравнивание по нижним граням (капитель сверху); выравнивание по серединным поверхностям (утолщение плиты).

В расчетной схеме для МКЭ расчета автоматически формируются вертикальные абсолютно жесткие вставки, моделирующие взаимное расположение плит по высоте. Сделаны изменения и в предварительном расчете — нагрузки собираются со всех плит вместе, а не с каждой по отдельности, как в предыдущих версиях. Использование данной функции позволяет пользователю решать более широкий спектр задач.

5. Унификация колонн и коротких стен. Реализована возможность унификации колонн и коротких стен (пилонов) для экспорта в программу «КОЛОННА». Пользователь составляет унифицированную группу, для чего в его распоряжении имеются различные приемы: включать в унифицированную группу элементы одного или нескольких этажей; включать элементы, относящиеся к одной плети; применять поэлементное включение; включать элементы в заданном диапазоне армиро-

вания. Составление унифицированных групп облегчается указанием для каждого элемента процента армирования и наличием диагностической системы, которая отслеживает включение в группу элементов, имеющих одинаковое сечение и длину. После назначения унифицированных групп имеется возможность получить соответствующий им расход арматуры. Пользователь имеет возможность варьировать составом унифицированных групп, добиваясь приемлемой унификации в смысле расхода арматуры. Для каждой унифицированной группы создается один экспортный файл с наборами усилий от каждой колонны, (пилон), включенной в группу, на основании которого рассчитывается и конструируется унифицированный элемент этой группы.

6. Возможность пересечения стен с отверстиями. Усовершенствован процесс создания в стенах и перегородках отверстий сложной формы, а также реализована возможность пересечения отверстий в стене с внешним контуром стены. Таким образом, теперь можно моделировать, например, двери без образования порога в конечно-элементной схеме, угловое оконное или дверное отверстие и др. (рис.10)

7. Учет бокового давления грунта. Реализована новая нагрузка – трапециевидная нагрузка из плоскости стены. Эту нагрузку можно использовать, например, для моделирования бокового давления грунта на стену.

Новые возможности для фундаментной плиты. Весь перечень нагрузок, реализованных в программе, теперь стал доступен и для фундаментной плиты. Предусмотрена возможность задания фундаментных балок, усиливающих фундаментную плиту. В связи с этим реализован новый вид сечения балки – прямоугольник с полками плиты внизу. Операция объединения фундаментных плит в одну группу для экспорта в программу «ПЛИТА» дает возможность воспринимать их как единое целое, что значительно упрощает процесс анализа результатов.

Новый метод триангуляции (альтернативный). При формировании расчетной схемы в программах «КОМПОНОВКА» и «ПЛИТА» у пользователя появляется возможность выбирать разные методы триангуляции. Метод-1 автоматически формирует регулярную сетку КЭ по всей плоскости плит перекрытий и стенам. Её основное преимущество заключается в формировании регулярной КЭ сети по всей плоскости этих элементов, при этом основной акцент в процессе построения

направлен в пролетные зоны плит. При выполнении триангуляции, используя 1-й метод, согласование сети КЭ выполняется в приопорной зоне, что не всегда дает возможность выполнить триангуляцию без появления трехузловых пластинчатых КЭ, которые дают меньшую сходимость по сравнению с четырехузловыми КЭ.

В методе-2 триангуляции основной упор направлен на организацию КЭ сети правильной формы (квадраты, равносторонние треугольники) в приопорной зоне, а согласование КЭ сети выносится в пролетные зоны плит. Использование нового метода-2 даёт возможность избежать появления выраженных конечных элементов именно в проблемных приопорных зонах (рис.11).

В ближайших планах предусмотрена реализация нелинейной работы железобетонных конструкций, включение наклонных элементов в общую схему здания, различные схемы расположения арматуры (радиальное, под заданным углом), автоматизация расчета и проектирования стального каркаса многоэтажных зданий с железобетонными перекрытиями, диафрагмами и фундаментной плитой.

АНОТАЦІЯ

В тепершній час розвиток будівельної механіки йде по шляху розробки сучасних аналітичних та числових методів, які орієнтовані на широке застосування в розрахункових комплексах. Щільнішим стає зв'язок задач будівельної механіки з проектуванням конструкцій, з технологією їх виготовлення і монтажу. ПК «МОНОМАХ» дозволяє вирішувати великий клас задач будівельної механіки і успішно застосовується в розрахунках будівель та споруд у різних країнах.

Ключові слова: залізобетонні конструкції, варіантне проектування, каркас, плита, балка, колона.

ANNOTATION

At present, advanced analytical and numerical methods are developed in structural analysis. They are intended for widespread use in modern software packages. Problems of structural mechanics are closely related to design of structures, with methods of their fabrication and erection. MONOMAKH software enables the user to solve many problems of structural mechanics. This program is profitably employed in analyses of structures in different countries.

Key Words: reinforced concrete structures, variant design, framework, slab, beam, column.

УДК: 69.032.2; 004.942; 004.924

*В.В. Бойченко; О.О. Палиенко; А.А. Шут;
В. Е. Боговис, ТОВ «Лира Софт», Киев***ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ
С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ «САПФИР»****АННОТАЦИЯ**

«САПФИР» — это программа для архитектурного проектирования зданий и сооружений, синтеза форм на основе трёхмерного графического моделирования и расчёта технико-экономических показателей проектируемого объекта. «САПФИР» обеспечивает выпуск чертежей, ведомостей и спецификаций в соответствии с ЕСКД и СПДС. В программе САПФИР имеется возможность передать модель в ПК «ЛИРА», что существенно упрощает процесс построения расчётной схемы проектируемого объекта.

Ключевые слова: САПР, архитектура, чертежи, спецификации, расчёт, проектирование многоэтажных зданий, СОМ интерфейс.

В настоящее время особую актуальность приобрели вопросы, связанные с проектированием высотных (от 73,5 м до 100 м и выше 100 м) зданий. При поиске архитектурных и конструкторских решений важно рассмотреть несколько вариантов, чтобы выбрать условно оптимальный. Поэтому очень важно, насколько быстро и качественно можно смоделировать каждый вариант конструкции здания и выполнить анализ напряжённо-деформированного состояния как в упругой, так и в пластической стадиях. При выполнении проверочных расчётов также очень важно в короткие сроки получить наиболее адекватную модель для осуществления её анализа. В обстановке жёсткой конкуренции на проектно-строительном рынке для сокращения сроков проектирования и анализа конструкций не обойтись без численных экспериментов с помощью средств компьютерной техники и современного программного обеспечения.

При существующих подходах в рамках традиционно используемых инструментальных средств конструктор получает от архитектора проект в виде чертежей или при благоприятной организаци-

онной обстановке в формате трёхмерной модели, подготовленной архитектором для визуализации. Как правило, эти модели не приспособлены непосредственно для прочностного расчёта. Используя их в качестве исходных данных, конструктор создаёт расчётную схему, чаще всего, «с нуля». При этом модели, полученные от архитекторов, даже в трёхмерных форматах, служат, в лучшем случае, в качестве «подкладки» при формировании расчётной схемы.

Радикально изменить ситуацию в проектировании и достичь нового уровня эффективности построения расчётных схем помогает подход, использующий концепцию дуального представления модели. Проектировщик-архитектор создаёт элементы конструкции, имеющие чёткую прикладную ориентацию: стены, балки, колонны, перекрытия и т.п. При этом формируется трёхмерная параметрическая модель здания. Модель может быть отредактирована графическими средствами и путём изменения параметров одиночных элементов и их групп. На основании параметрической модели здания программа формирует архитектурное и аналитическое представления. Проектировщик может выбирать то или иное представление модели для решения определённых задач. Архитектурное представление используется для построения планов, фасадов и разрезов, документирования проектных решений. Аналитическое представление, являясь результатом идеализации геометрии конструкции [1], служит основой для построения расчётной схемы.

Эта концепция положена во главу угла при разработке программного комплекса «САПФИР», предназначенного для проектирования зданий. Общий вид рабочего окна ПК «САПФИР» приведен на рис.1

Программа «САПФИР» построена на базе мощного трёхмерного параметрического ядра, обеспечивающего высокую эффективность пространственного моделирования.

Конструктор, получив проект здания, выполненный архитектором в программном комплексе «САПФИР», выбирает аналитическую форму представления модели. При этом он может визуально проконтролировать модель конструкции, отредактировать её графическими средствами и посредством коррекции параметров. Путём экспорта/импорта аналитическая модель передаётся в программный комплекс «ЛИРА», где служит основой для автоматизированного построения расчётной схемы.

Расчётная схема из комплекса «ЛИРА» может быть передана в «САПФИР». Средства «САПФИР» помогают осуществить визуальную верификацию адекватности расчётной схемы путём её сопоставления с аналитическим и архитектурным представлениями исходной модели (рис.2).

Технология, базирующаяся на дуальном представлении модели, позволяет существенно упростить процесс получения качественных расчётных схем для различных вариантов конструкций здания.

Программный комплекс «САПФИР» предлагает множество инструментов, помогающих эффективно проектировать современные многоэтажные здания.

1. Программа содержит информационную подсистему, позволяющую оперативно получать подсказки из базы нормативных и справочных документов в контексте текущей проектной ситуации.

2. Поддерживается поэтажная организация модели. Это позволяет выделить для работы один или несколько этажей из нескольких десятков и, благодаря этому, увеличить скорость работы.

3. Предусмотрены функции копирования отдельных элементов и групп элементов с одного этажа на другой, копирование этажей с тиражированием принадлежащих им элементов. При этом работают удобные фильтры, позволяющие выбирать или отсеивать определённые группы элементов.

4. Предусмотрен механизм слоёв моделирования, объединяемых в характерные наборы для различных видов, в том числе, для документирования. Это позволяет на каждом виде показывать строго определённые наборы конструктивных элементов.

5. Построение планов, фасадов и разрезов происходит на основе единой параметрической трёхмерной модели здания. Благодаря этому обеспечивается автоматическое согласование видов, что исключает механические ошибки. Достаточно отредактировать объект на одном из видов – и его изображения на других видах автоматически корректируются.

6. В распоряжении проектировщика множество способов пространственной привязки для позиционных построений, удобно управляемых при помощи инструментальных панелей, «горячих» клавиш и команд контекстного меню. Элементы могут точно позиционироваться на характерные точки модели, привязываться к сетке координацион-

ных осей, отслеживать касательные, перпендикуляры, параллели и вспомогательные линии с заданными углами, учитывать разбиение отрезка на равные части и в заданном отношении.

7. Многообразие проектируемых форм обеспечивается построениями на базе дуг окружностей, эллипсов, кубических сплайнов, кривых Безье. В арсенале проектировщика также гиперболические параболоиды, поверхности вращения и их фрагменты, конусы, сферы и призмы.

8. При построениях стен они автоматически дотягиваются и подрезаются для достижения точной стыковки. Это способствует получению корректной аналитической модели для прочностного расчёта.

9. В качестве ограждающих конструкций могут использоваться многослойные материалы. На планах слои автоматически обозначаются соответствующими штриховками с учётом приоритетов материалов. Автоматически определяется несущий слой, ось которого используется для формирования аналитического представления модели.

10. Развитые средства экспорта/импорта моделей позволяют использовать форматы IFC, DWG, DXF и некоторые другие, благодаря чему с помощью «САПФИР» можно эффективно и качественно идеализировать модели, выполненные в других программах и подготовить аналитическое представление для прочностного расчёта.

Программа «САПФИР» построена по принципам открытой архитектуры. Это значит, что сторонние разработчики и опытные пользователи могут самостоятельно дописывать модули, расширяющие функциональность программы и адаптировать её к определённым условиям проектирования, продиктованным корпоративными стандартами организации или спецификой проектируемого объекта. Для этого в программе предусмотрены OLE-интерфейсы, обеспечивающие доступ к параметрическому ядру и динамически присоединяемая библиотека «САПФИР API».

ЛИТЕРАТУРА

1. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. *Компьютерные модели конструкций*. – К.: «Факт», 2008. – 360 с.

АНОТАЦИЯ

«САПФИР» — це програма для архітектурного проектування будівель та споруд, синтеза форми

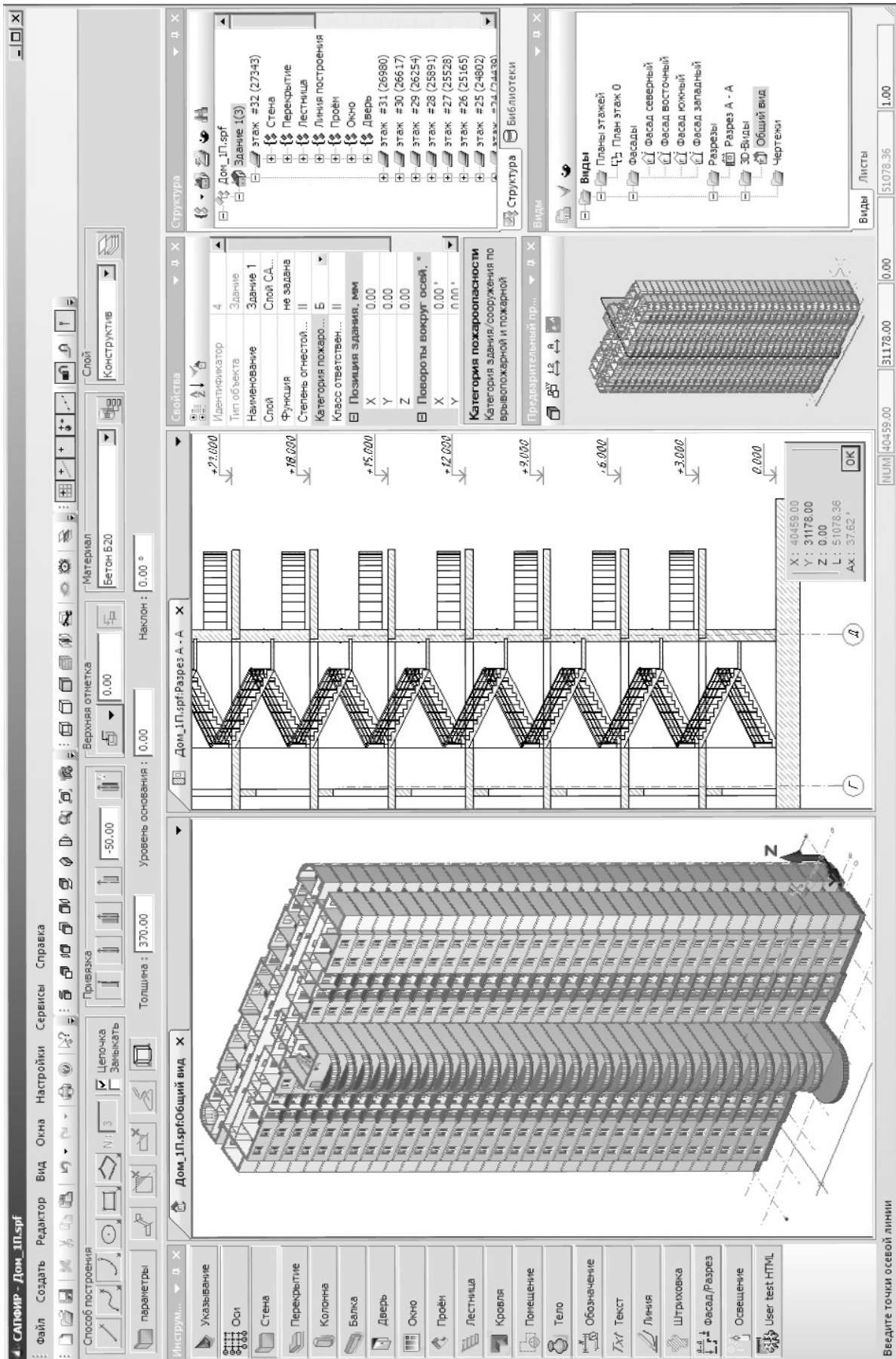


Рис. 1. Общий вид рабочего окна в САПР «САПФИР»

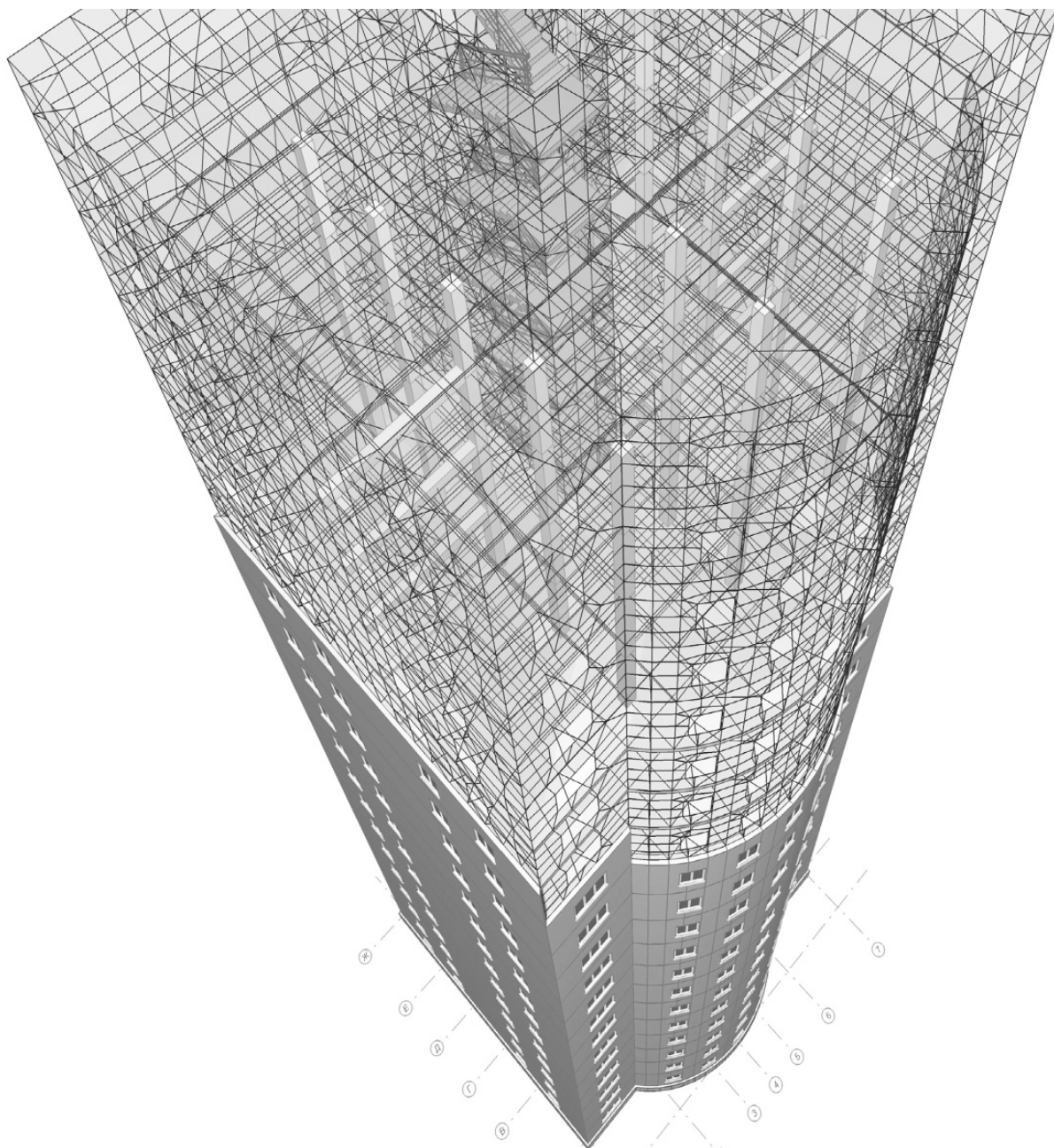


Рис. 2. Схема МКЭ модели и 3-Д вид в среде «САПФИР»

засобами тривимірного графічного моделювання і розрахунку деяких техніко-економічних показників об'єкта, що проектується. «САПФІР» забезпечує виготовлення креслень та специфікацій за вимогами ЄСКД та СПДБ. Існує можливість передати модель «САПФІР» в ПК «ЛІРА», що суттєво полегшує процес побудови розрахункової схеми конструкції.

Ключові слова: САПР, архітектура, креслення, специфікації, розрахунки, проектування багатопверхових будівель, СОМ інтерфейс.

ANNOTATION

SAPFIR is the software for architectural design of building and structures, shape creation based on 3D graphic simulation and calculation of technical and economic properties of the object. SAPFIR software enables the user to compose drawings, lists and specifications according to design standards. It is possible to export the model from SAPFIR to LIRA software – it considerably simplifies the process of model generation.

Keywords: CAD, architecture, drawings, specifications, analysis, design of multistorey buildings, COM interface.

УДК: 721.01:624.012.3:681.3.06

*А.С. Городецкий, д.т.н., проф.;
В.П. Максименко, к.т.н., НИИСП;
Ю.Д. Гераймович к.т.н.;
Е.Б. Стрелец-Стрелецкий к.т.н.;
А.В. Вакуленко; Д.В. Медведев;
Ю.Б. Филоненко; В.А. Шелудько,
ТОВ «Лири Софт», Киев*

ЭСПРИ – ЭЛЕКТРОННЫЙ СПРАВОЧНИК ИНЖЕНЕРА

АННОТАЦИЯ

ЭСПРИ представляет собою электронный справочник инженера и содержит серию расчетных и справочных программ повседневного применения. ЭСПРИ позволяет решать разнообразные задачи расчета и проектирования железобетонных, стальных, каменных, армокаменных и деревянных конструкций, оснований и фундаментов, а также мостовых конструкций. ЭСПРИ обеспечивает поддержку в принятии оптимального проектного решения – при выборе расчетной модели конструкции, при анализе результатов расчета сооружения, при экспертной оценке проектов, при техническом надзоре за возведением зданий и во многих других практических ситуациях. Конструктивные расчеты выполняются в соответствии с нормативами стран СНГ и Еврокодом. ЭСПРИ постоянно пополняется новыми актуальными программами и новыми возможностями существующих программ.

Ключевые слова: статика, динамика, устойчивость конструкций; расчет и проектирование стальных, железобетонных, деревянных, каменных и армокаменных конструкций, грунтовое основание, фундаментные конструкции, конструкции мостов; вариантное проектирование.

В настоящее время в ЭСПРИ содержится более 60 программ по таким разделам:

Раздел 1. «Математика для инженера» (6 программ):

– **специализированный калькулятор Эспри**, снабженный расширенным набором вычислительных функций, среди которых задание выражений в формульном виде, перевод единиц измерения из одной системы в другую, вычисление определен-

ного интеграла произвольно заданной функции и т.п;

– **определение площадей и объемов**: программа содержит большой набор наиболее часто встречающихся плоских фигур и объемных тел, для которых с помощью геометрических формул определяются площади, объемы и площади поверхности соответственно;

– **перемножение эпюр**: программа предназначена для перемножения эпюр внутренних усилий различного очертания от различных грузовых состояний, возникающих в элементах конструкций при решении статически неопределимых систем методом сил. Вычисления проводятся по формуле Верещагина, на основании интеграла Мора и универсальным численным методом (рис.1);

– **линейная алгебра**: программа предназначена для решения основных задач линейной алгебры – перемножение матриц, вычисление определителя матрицы, определение обратной матрицы, определение собственных значений и собственных векторов, решение систем линейных уравнений;

– **корни полиномов**: программа предназначена для определения действительных и комплексных корней полинома. Степень полинома ограничена 36;

– **интерполяция функций**: программа предназначена для интерполяции на неравномерной сетке таблично заданной функции и вычисления значений интерполяционной функции от произвольно заданных аргументов.

Раздел 2. «СтаДиУс» – статика, динамика, устойчивость (13 программ)

– **неразрезные балки**: программа предназначена для статического расчета многопролетной неразрезной балки (до пяти пролетов с двумя консолями). Сечения пролетов могут быть разными, возможен учет податливости опор, нагрузка в трех загружениях задается произвольная. Результатом расчета являются эпюры перемещений, углов поворота, изгибающих моментов и перерезывающих сил;

– **фермы**: программа предназначена для определения перемещений узлов и усилий в элементах наиболее часто встречающихся в практике плоских ферм различного очертания (реализован режим редактирования геометрии);

– **параметрические плоские рамы**: программа предназначена для статического расчета наиболее часто встречающихся в практике плоских рам различного очертания. Результатом расчета являются

эпюры перемещений, изгибающих моментов, нормальных и перерезывающих сил;

– **плоские произвольные рамы:** программа предназначена для статического расчета плоских рам и ферм произвольного очертания под произвольную силовую и деформационную нагрузки. Результатом расчета являются эпюры перемещений, изгибающих моментов, нормальных и перерезывающих сил;

– **прямоугольная плита и прямоугольная плита на упругом основании:** программа предназначена для статического расчета прямоугольных плит покрытий, перекрытий и плит на упругом основании с произвольно расположенным прямоугольным отверстием. Опорные закрепления задаются на произвольных участках контура. Допускаются произвольные нагрузки: равномерно распределенными по всей площади плиты; по заданному произвольному штампу; в виде линейных и сосредоточенных сил. Результатом расчета являются изополя усилий, перемещений, а также напряжений в основании с выдачей их численных значений в отчет в указанных пользователем точках;

– **балка-стенка:** программа предназначена для статического расчета балок – стенок с произвольно расположенным прямоугольным отверстием. Опорные закрепления задаются на произвольных участках нижнего края. Нагрузки задаются неравномерно распределенными или сосредоточенными по верхнему краю. Результатом расчета являются изополя напряжений и перемещений с выдачей их численных значений в отчет в указанных пользователем точках;

– **оболочка на прямоугольном и круглом плане:** программа предназначена для статического расчета выпуклых параболических, цилиндрических, сферических и конических оболочек на прямоугольном и круглом планах. Оболочка может опираться на контурный элемент. Нагрузки задаются равномерно распределенными как по всей площади оболочки, так и по заданному произвольному штампу, а также в виде линейных и сосредоточенных сил. Результатом расчета являются изополя (в оболочке) и эпюры (в опорном контуре) усилий и перемещений с выдачей их численных значений в отчет в указанных пользователем точках;

– **нити и струны:** программа предназначена для расчета гибких нитей и реализует следующие возможности: расчет нити по заданной длине заготов-

ки, по заданной стреле провеса посередине пролета или в произвольной точке, а также расчет струны, в том числе и предварительно напряженной. Допускаются разнообразные схемы нагрузки – сосредоточенная сила, различные виды распределенных нагрузок, а также их комбинации. В результате определяются форма равновесия, величина провеса, распор, длина нагруженной упругой нити, а также строятся эпюры балочных усилий и продольного усилия;

Раздел 3. «Сечения» (3 программы)

– **параметрические сечения:** программа позволяет рассчитать геометрическую характеристику сечения из наиболее распространенных типов сечений, описав его минимальным количеством параметров;

– **параметрические тонкостенные сечения:** программа позволяет рассчитать геометрические характеристики тонкостенного сечения для наиболее распространенных типов. Кроме обычных геометрических характеристик определяются характерные для тонкостенного сечения параметры: центр изгиба, центр кручения, сдвиговые площади, секториальный момент инерции, эпюры секториальных координат (рис.2);

– **составные сечения:** программа предназначена для определения центра жесткости составного сечения, а также центра жесткости плана здания как единого составного сечения. Программа позволяет определить усилия в элементах сечения от действия внешних сил. Силы могут быть приложены как в центре масс, так и в вычисленном центре жесткости, а также в точке с произвольными координатами. Внешние силы могут быть заданы в исходных или в главных осях (рис.2).

Раздел 4. «Нагрузки и воздействия» (6 программ)

– **коэффициенты надежности:** приведены таблицы коэффициентов надежности по нагрузке для веса строительных конструкций и грунтов, а также веса оборудования в соответствии со СНиП 2.01.07-85;

– **собственный вес многослойного пакета:** программа реализует вычисление нормативной и расчетной нагрузок от собственного веса пакета, состоящего из некоторого числа слоев. При необходимости может быть вычислено сопротивление теплопередаче многослойного пакета;

– **ветровые нагрузки:** программа предназначена для определения ветровых нагрузок на здания и сооружения с наиболее распространенными типами очертания.

В соответствии со **СНиП 2.01.07-85*** «Нагрузки и воздействия» вычисляются нормативные и расчетные значения средней составляющей ветровой нагрузки. Аэродинамический коэффициент определяется по схемам таблицы 4 приложения 4;

В соответствии со **ДБН В.1.2-2:2006** «Нагрузки и воздействия» вычисляются предельные и эксплуатационные расчетные значения ветровой нагрузки. Аэродинамический коэффициент определяется по схемам приложения И (рис.3);

– **снеговые нагрузки:** программа предназначена для определения снеговых нагрузок на здания и сооружения. В соответствии со **СНиП 2.01.07-85*** «Нагрузки и воздействия» вычисляются нормативные и расчетные значения полной снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия по схемам таблицы 3 приложения 3.

В соответствии с **ДБН В.1.2-2:2006** вычисляются предельные и эксплуатационные расчетные значения снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия по схемам приложения Ж;

– **температурные климатически воздействия:** программа предназначена для определения температурных климатических воздействий на конструкции здания. В соответствии со **СНиП 2.01.07-85*** вычисляются нормативные и расчетные значения изменений средних температур, средние суточные температуры наружного воздуха, а также начальная температура замыкания конструкции в законченную систему. По **ДБН В.1.2-2:2006** «Нагрузки и воздействия» вычисляются характеристические, а также предельные и эксплуатационные расчетные значения изменений средних температур, средние суточные температуры наружного воздуха, а также начальная температура замыкания конструкции в законченную систему. Во всех случаях учитываются данные приложения 7 **СНиП II-3-79**** и приложения 5, 6, 7 **СНиП 2.01.01-82**;

– **гололедные нагрузки:** программа предназначена для вычисления гололедных нагрузок в соответствии со **СНиП 2.01.07-85*** и **ДБН В.1.2-2:2006**. Вычисляются нормативные и расчетные, а также предельные и эксплуатационные значения линейной и поверхностной гололедной нагрузок.

Раздел 5. «Стальные конструкции» (7 программ)

– **сортамент металлопроката:** программа предоставляет широкий набор справочных таблиц. Программа предназначена для просмотра базы данных стальных сортовентов. Информация предоставляется в виде таблиц, содержащих данные о геометрических и прочностных характеристиках профилей, а также данные о возможности изготовления профиля из стали определенной марки (класса);

– **расчет сечений элементов:** программа предназначена для подбора и проверки сечений (33 типа сечений) стержневых металлических элементов в соответствии со **СНиП II-23-81*[3]** или Еврокодом 3 [14]. При расчете используются алгоритмы конструирующей подсистемы ЛИР-СТК. Расчет осуществляется на базе нормативных данных, которые содержат сведения о расчетных характеристиках сталей, размерах и геометрических характеристиках выпускаемого листового и фасонного проката. Результатами расчета являются таблицы, содержащие проценты использования сечений согласно соответствующим проверкам по первому и второму предельному состоянию и размеры сечений элементов. Для нормативной базы Еврокода 3 алгоритм расчета, а также формулы, используемые при расчете, при необходимости можно посмотреть в детальном отчете;

– **главные и эквивалентные напряжения в стальных конструкциях:** программа предназначена для определения главных и эквивалентных напряжений по заданному тензору напряжений, а также упруго-пластических деформаций по главным площадкам. Программа выдает коэффициента запаса материала по I, II-му предельному состоянию и коэффициент использования;

– **расчетные длины элементов:** программа предназначена для определения расчетной длины элементов стальных конструкций. Среди них – отдельно стоящие стойки постоянного сечения, стержни постоянного сечения с упругими закреплениями концов, стержни постоянного сечения одно- и многоэтажных рам, пересекающиеся стержни постоянного сечения, верхние пояса ферм и подкрановых колонн, элементы пространственных решетчатых конструкций, нижние участки одноступенчатых (подкрановых) колонн. Реализованы положения **СНиП II-23-81*** (рис.4);

– **параметрические узлы стальных конструкций:** программа предназначена для проектирования металлических узлов. Модель узла характеризует набор параметров, таких как количество болтов, длина и катет шва и прочих параметров, которые в полной мере описывают узел и в процессе расчета подбираются или проверяются. В состав библиотеки входит 24 узла, которые подразделяются на типы: узлы примыкания ригеля к колонне; опорные узлы колонн; узлы примыкания связей и т.п. Результатом расчета являются подобранные или проверенные параметры узлов, а также процент использования этих параметров по соответствующей расчетной процедуре (рис.5). Программа выдает детальный отчет обо всех используемых в ходе расчета формулах, с подстановкой в них реальных значений, что позволяет контролировать процесс расчета (режим трассировки).

– **расчет сварных швов:** программа предназначена для подбора и проверки угловых швов элементов стальных конструкций при соединении их внахлестку, а также тавровом торцевом и пояском соединении. Реализованы нормативные положения о соответствии классов или марок сталей, а также сварочных материалов заданным группам конструкций, условиям эксплуатации и др;

– **болтовые соединения:** программа предназначена для конструирования и расчета нахлесточных болтовых соединений стальных конструкций следующего типа: присоединение одиночных и спаренных уголков к фасонке, соединение листовых деталей на накладках, присоединение стенки балки (прокатной или составной) на накладках. Программа реализует положения **СНиП II-23-81*** и Пособия по проектированию стальных конструкций к **СНиП II-23-81***.

Раздел 6. «Железобетонные конструкции»: (8 программ)

– **характеристики бетона:** приведены справочные данные по нормативным и расчетным сопротивлениям бетона для первого и второго предельных состояний;

– **сортамент арматуры:** приведены справочные данные о расчетной площади и теоретической массе погонного метра арматуры в зависимости от количества и диаметра стержней. Программа снабжена различными вспомогательными функциями: определением соответствия количества и диаметров стержней для заданной площади и др.

– **сечения железобетонных элементов:** программа предназначена для подбора арматуры в сечениях железобетонных элементов по первому и второму предельному состоянию в соответствии с различными нормативными документами: **СНиП 2.03.01-84***, **СНиП 52-01-2003**, **Еврокод 2**, **ДСТУ 3760-98**, **ТСН-100**. Типы рассчитываемых сечений включают прямоугольное, тавровое, двутавровое, уголкового, крестовое, круглое, кольцевое, коробчатое. Реализован расчет на все виды напряженного состояния: центральное сжатие, изгиб, плоское внецентренное сжатие-растяжение, косой изгиб, а также самый общий случай для набора усилий N , M_x , M_y , $M_{кр}$, Q_x , Q_y (рис.6);

– **главные и эквивалентные напряжения:** программа предназначена для вычисления главных и эквивалентных напряжений по заданным значениям тензора напряжений в двух- и трехосном НДС. Для заданного класса бетона определяются предельные и эквивалентные напряжения по одному из заданных критериев прочности бетона, соответствующих теориям Гензеля, Карпенко, Яшина. Кроме того, определяются также значения главных упругих и упруго-пластических деформаций, углы наклона главных напряжений к текущим осям, а также угол наклона плоскости трещины. По полученным результатам строится область прочности. Применение режима проверки прочности позволяет получить предельно допустимые напряжения по двум главным площадкам, предельные нормальные и сдвиговые напряжения по октаэдрическим площадкам, коэффициент запаса прочности по второму предельному состоянию, параметр Лоде-Надаи (рис.7);

– **расчет ж/б оболочки, Расчет ж/б балки-стенки, Расчет ж/б плиты:** программы предназначены для подбора арматуры в пластинчатых железобетонных элементах по первому и второму предельному состоянию в соответствии с нормативами:

СНиП 2.03.01-84*, **СНиП 52-01-2003**, **Еврокод 2**, **ДСТУ 3760-98**, **ТСН-100**;

– **анкерировка арматуры по ДСТУ 3760-98:** программа предназначена для определения необходимой длины заведения арматурного стержня, при которой обеспечивается восприятие действующих в рассматриваемом сечении усилий. Расчет производится в соответствии с нормами **ДСТУ 3760-98** «Прокат арматурный для железобетонных конструкций». Длина анкерировки вычисляется как для отдельных, так и для двоянных стержней. В качест-

ве защитного слоя для углового арматурного стержня выбирается значение меньшее из двух: вертикального и горизонтального. Расчет выполняется методом последовательного приближения на основании шага и диаметра распределительной арматуры;

7. Раздел «Каменные и армокаменные конструкции» (4 программы)

– **расчетные сопротивления сжатию кладки из кирпича:** приведены расчетные сопротивления сжатию кладки из кирпича всех видов и из керамических камней со щелевидными вертикальными пустотами шириной до 12 мм при высоте ряда кладки 50-150 мм на тяжелых растворах в зависимости от марки кирпича и марки раствора, (табл.2 СНИП II-22-81 «Каменные и армокаменные конструкции»);

– **расчет кирпичного простенка:** программа предназначена для расчета каменных и армокаменных конструкций в соответствии со СНИП II-22-81 «Каменные и армокаменные конструкции». Простенок задается прямоугольной или тавровой формы. Реализован случай плоского внецентренного сжатия простенка. Выполняется расчет при действии сжимающих, растягивающих и сдвигающих усилий (рис.8). В результате расчета при необходимости армирования простенка указывается количество рядов кладки, через которое необходимо устанавливать сетки с заданной ячейкой и диаметром арматуры и (или) площадь продольной вертикальной арматуры. Реализован режим проверки сечения при усилении простенка: стальной или железобетонной обоймой и армированной штукатуркой. Реализованы все типы кирпича, предусмотренные СНИП II-22-81:

- кирпич глиняный обыкновенный, силикатный – табл.2 СНИП;
- виброкирпичная кладка – табл.3 СНИП;
- камни и крупные сплошные блоки из бетона Нряда >50см – табл.4 СНИП;
- камни из бетона, гипсобетона и др. на пористых заполнителях Нряда=20-30см – табл.5 СНИП;
- блоки ячеистого бетона, шлакобетона и др. Нряда=20-30см – табл.6 СНИП;
- природные камни (правильной формы) низкой прочности – табл.7 СНИП;
- природные камни из рваного бута – табл.8 СНИП;

– бутобетон невибрированный и вибрированный табл.9 СНИП;

– **расчет на смятие:** программа предназначена для определения прочности каменных конструкций на местное смятие в соответствии со СНИП II-22-81. Реализовано 11 типов опорных сечений (рис.8);

– **расчет на растяжение:** программа предназначена для определения прочности каменных конструкций при растяжении по перевязанным и неперевязанным сечениям в соответствии со СНИП II-22-81. Реализованы 4 типа сечений. Программа позволяет рассчитывать конструкции из новых материалов, таких как, например «Аерок» и др., соединение которых может выполняться на клею. Допускаются следующие типы вяжущих (растворов): жесткий без добавок, жесткий с добавками извести (глины), легкий известковый, цементный с органическими пластификаторами, клеевое соединение (рис 8).

8. Раздел «Деревянные конструкции» (3 программы)

– **расчет цельных сечений:** программа предназначена для расчета прямоугольных и круглых деревянных брусев в соответствии со СНИП II-25-80 «Деревянные конструкции». Расчет предполагает выдачу сокращенного и развернутого формульного вида отчета с процентами использования сечения по необходимым проверкам;

– **расчет клееных сечений:** программа предназначена для расчета клееных деревянных сечений в соответствии со СНИП II-25-80. Расчет предполагает выдачу сокращенного и развернутого формульного вида отчета с процентами использования сечения по необходимым проверкам;

– **расчет составных сечений:** программа предназначена для расчета составных деревянных сечений в соответствии со СНИП II-25-80. Расчет предполагает выдачу сокращенного и развернутого формульного вида отчета с процентами использования сечения по необходимым проверкам.

9. Раздел «Основания и фундаменты» (8 программ)

– **параметры упругого основания С1, С2:** программа предназначена для вычисления коэффициентов постели грунтового основания С1, С2 под центром отдельно стоящего фундамента или фун-

даментной плиты. Задаются необходимые для расчета данные – вертикальная нагрузка на фундамент; эксцентриситет, характеристики фундамента, характеристики слоев основания. Расчет может быть произведен по схеме линейно-упругого полупространства (СНиП 2.02.01-83* и СП 50-101-2004) и по схеме линейно-деформируемого слоя (СНиП 2.02.01-83*)[9];

– **расчет одиночной сваи:** программа позволяет определить осадку и жесткость одиночной сваи (с учетом взаимовлияния в группе свай) в соответствии со СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты» и МГСН 2.02-01 «Основания, фундаменты и подземные сооружения»;

– **расчет свай на совместное действие нагрузок:** программа предназначена для расчета одиночной сваи на совместное воздействие вертикальной, горизонтальной сил и момента в соответствии со СНиП 2.02.03-85 и СП 50-102-2003 с учетом развития первой и второй стадии напряженно-деформированного состояния «свая-грунт» (рис 9);

– **главные и эквивалентные напряжения в грунте:** программа реализует вычисление главных и эквивалентных напряжений по различным теориям прочности, применяемым для грунтов, полускальных горных пород;

– **устойчивость склона:** программа предназначена для проверки устойчивости склона котлована из однородного грунта по плоской и цилиндрической поверхности скольжения;

– **устойчивость многослойного склона:** программа предназначена для определения устойчивости многослойного грунтового склона по цилиндрической поверхности скольжения (до десяти слоев и скважин). Расчет производится методом, разработанным Шведским обществом геомеханики. В результате определяются координаты оползневой поверхности, оползневое давление, а также коэффициенты запаса при статических и динамических нагрузках, суммарная активная нормальная сила, активная составляющая сдвиговых сил, реактивная составляющая от сцепления и радиус поверхности скольжения (рис.9);

– **определение C1 и C2 на основе модели грунтового массива:** программа предназначена для определения коэффициентов постели, вычисленных на основе автоматически создаваемой модели грунтового массива. Трехмерная модель грунта создается в соответствии с заданным набором скважин,

их расположением и составом грунтов. На основе построенной модели грунта по нагрузкам от проектируемого фундамента и близлежащих зданий (контуры которых могут иметь произвольные очертания) определяется переменная по области проектируемой конструкции глубина сжимаемой толщи и коэффициенты постели C1 и C2 с последующим построением изополей этих и других вспомогательных характеристик. Определение C1 и C2 может быть выполнено по нескольким методам (рис.9);

– **осадка условного фундамента:** программа предназначена для определения осадки свайного фундамента из висячих свай в соответствии со СНиП 2.02.03-85 и СП 50-102-2003.

10. Раздел «Мосты» (2 программы)

– **линии влияния в неразрезных балках:** программа предназначена для построения линий влияния перемещений, углов поворота, изгибающих моментов и перерезывающих сил от подвижных нагрузок в многопролетной неразрезной балке (до пяти пролетов с двумя консолями). Сечения пролетов могут быть разными, имеется возможность учета податливости опор. Кроме стандартных нагрузок A8 и A11 может задаваться произвольная подвижная нагрузка;

– **поперечные сечения пролетных строений стальных мостов:** программа предназначена для моделирования, расчета и исследования сложных поперечных сечений пролетов стальных автодорожных мостов. Поперечное сечение пролетного строения формируется заданием системы образующих ортотропных плит. Для каждого сечения задается набор усилий M, N, Q, взятых из соответствующих огибающих эпюр балки жесткости (обычно неразрезной балки). Фактическая неравномерность распределения нормальных напряжений по телу сложного сечения компенсируется возможностью задания коэффициентов редукции для ортотропных плит. В результате расчета выполняется декомпозиция сечения на элементарные стандартные расчетные объекты – отсеки стенок, участки плит между ребрами, отсеки поясов с ребрами, пластинки продольных ребер и т.д. Для каждого расчетного объекта (в зависимости от контекста и условий его работы) выполняется комплекс проверок прочности и местной устойчивости в соответствии со СНиП 2.05.03-84*[12] и его приложениями (рис. 11).

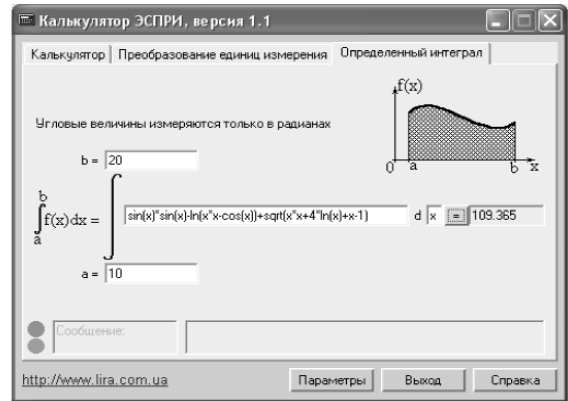
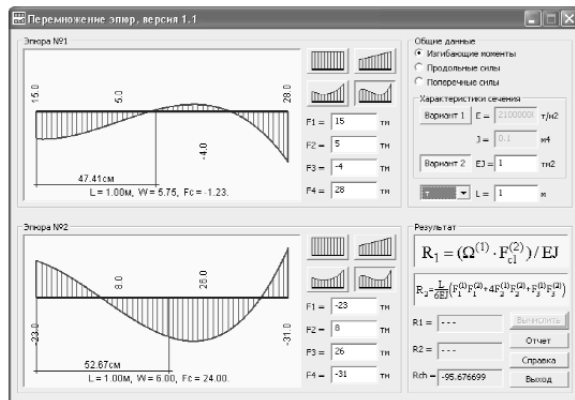


Рис.1. Общий вид программ – «Перемножение этор» и «Калькулятор ЭСПРИ»

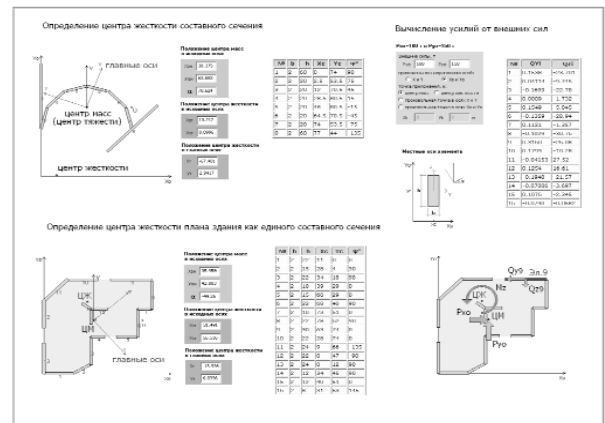
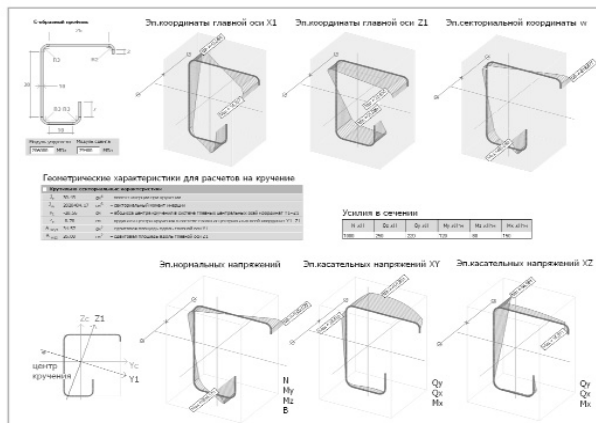


Рис.2. Общий вид программ: «Параметрические тонкостенные сечения» и «Составные сечения»

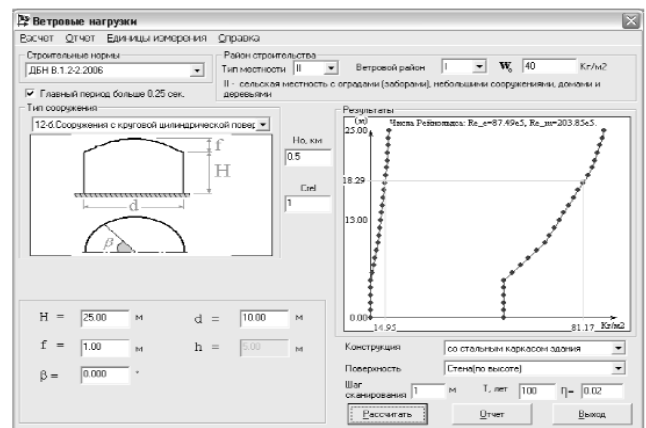
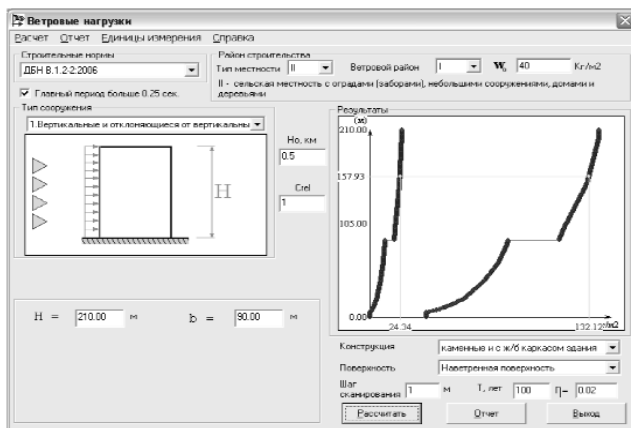


Рис.3. Общий вид программы: «Ветровые нагрузки»

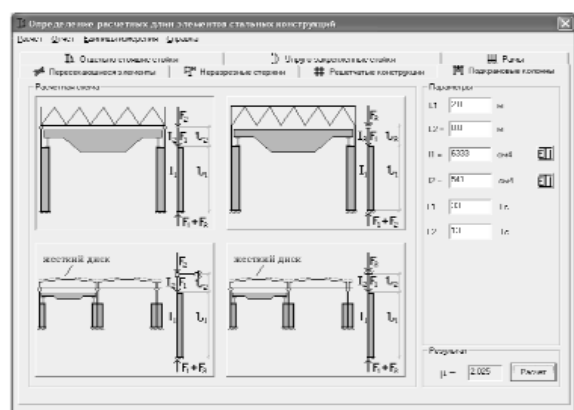
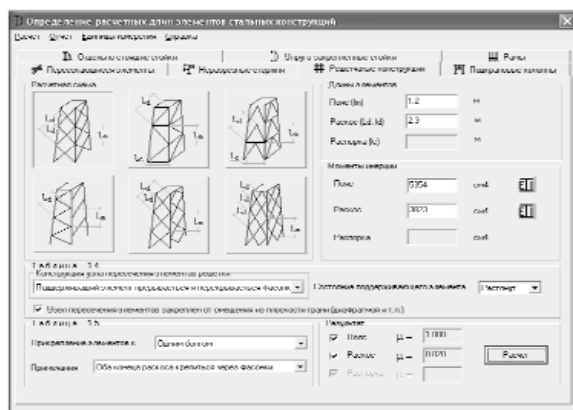


Рис.4. Общий вид программы «Определение расчетных длин элементов стальных конструкций»

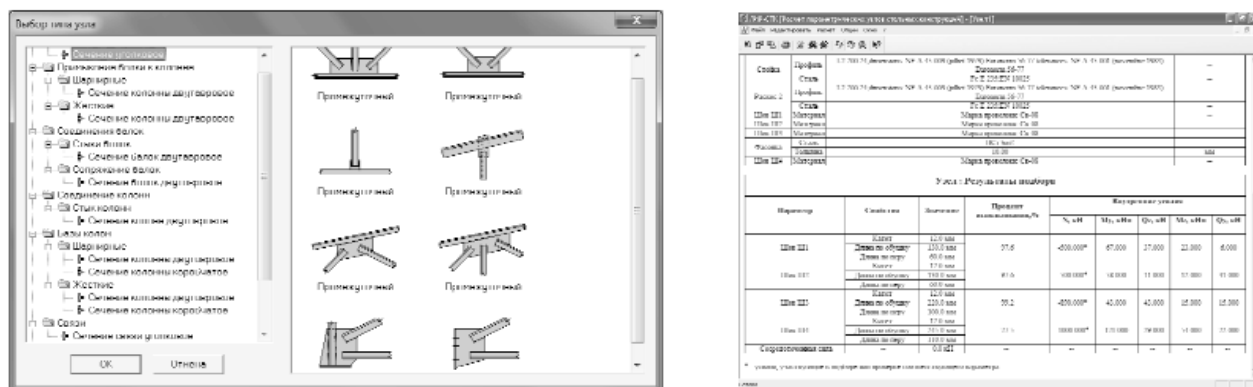


Рис.5. Результаты расчета в программе «Расчет параметрических узлов стальных конструкций»

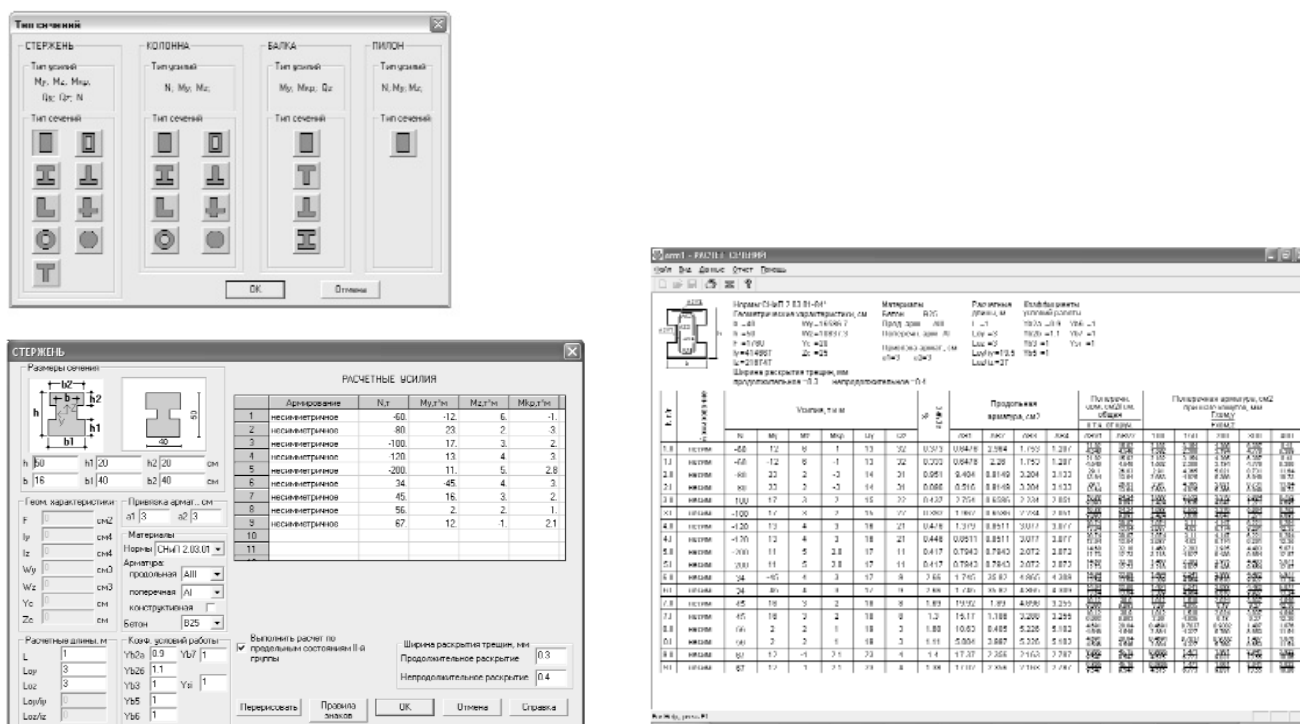


Рис.6. Общий вид программы «Сечения железобетонных элементов»

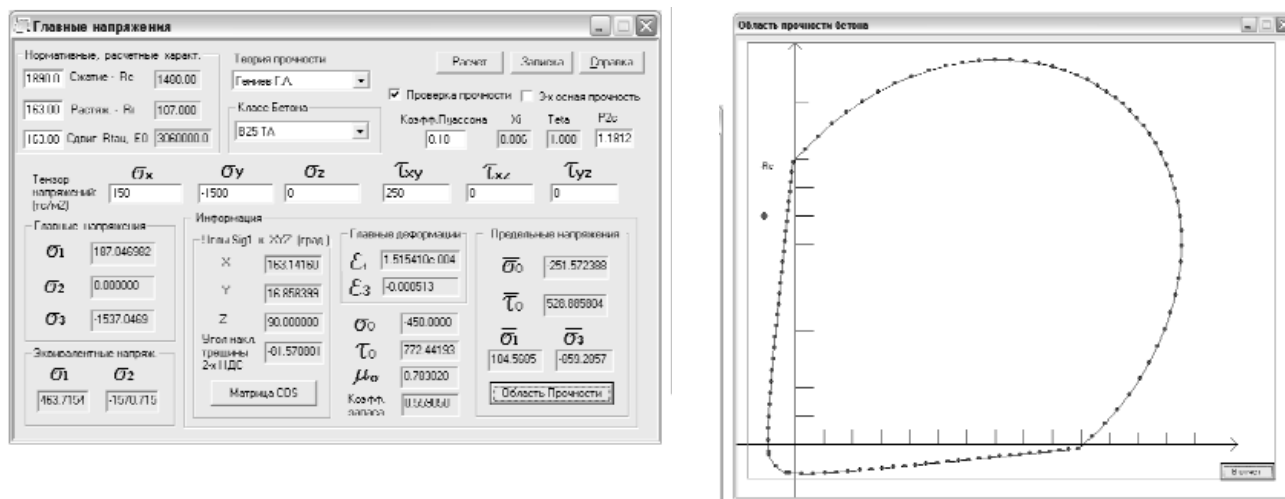


Рис.7. Общий вид программы «Главные и эквивалентные напряжения»

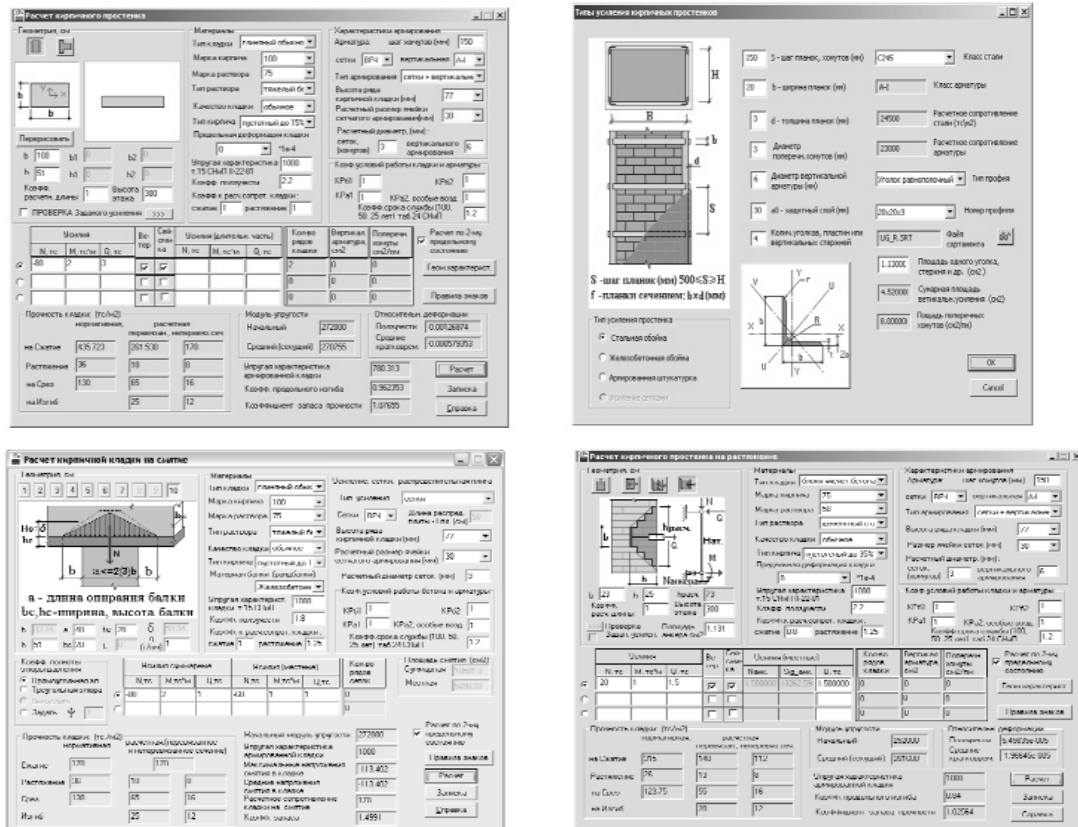


Рис. 8. Общий вид программ из раздела «Армокаменные конструкции»

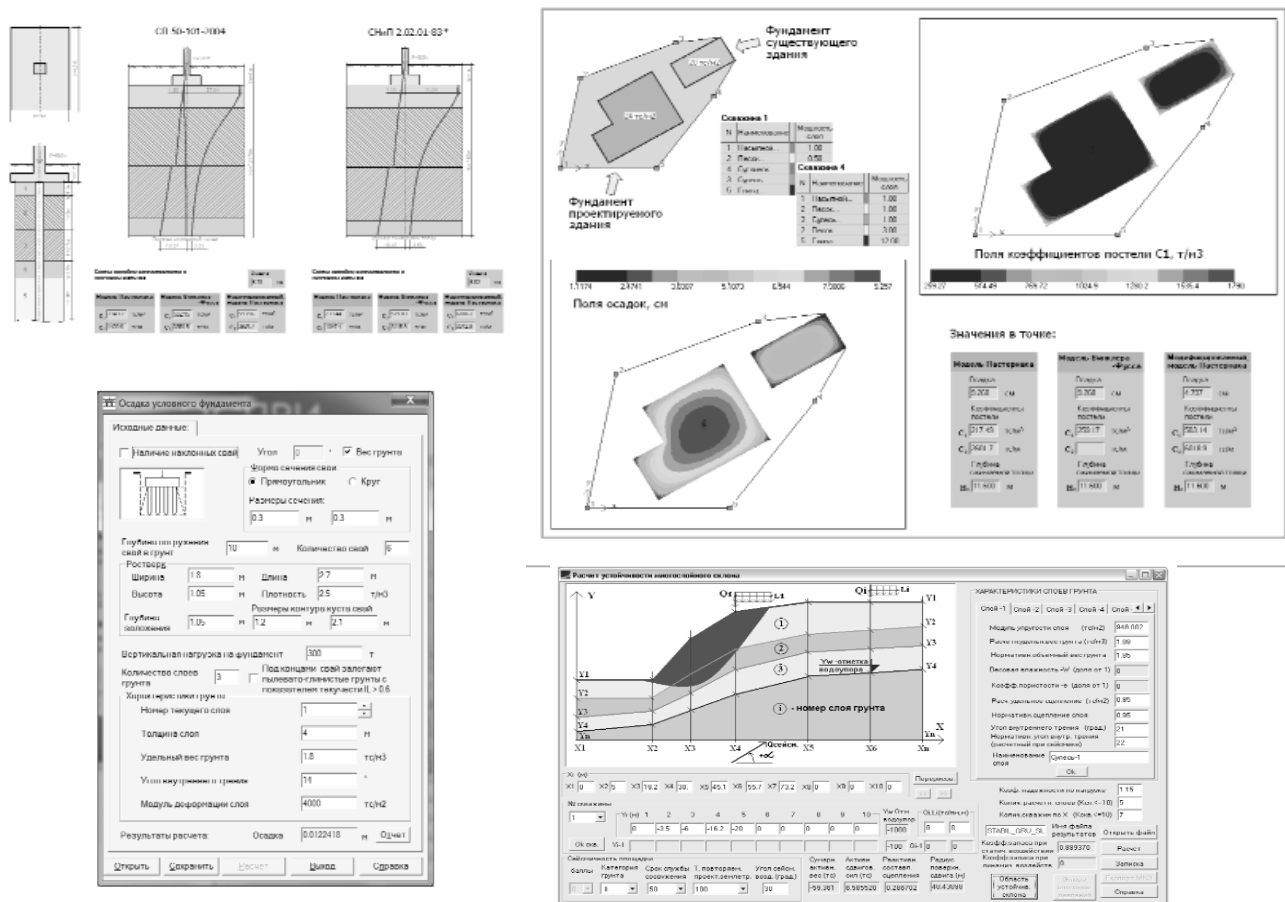


Рис. 9. Общий вид программ: «Параметры упругого основания», «Модель грунта», «Осадка условного фундамента» и «Устойчивость многослойного склона»

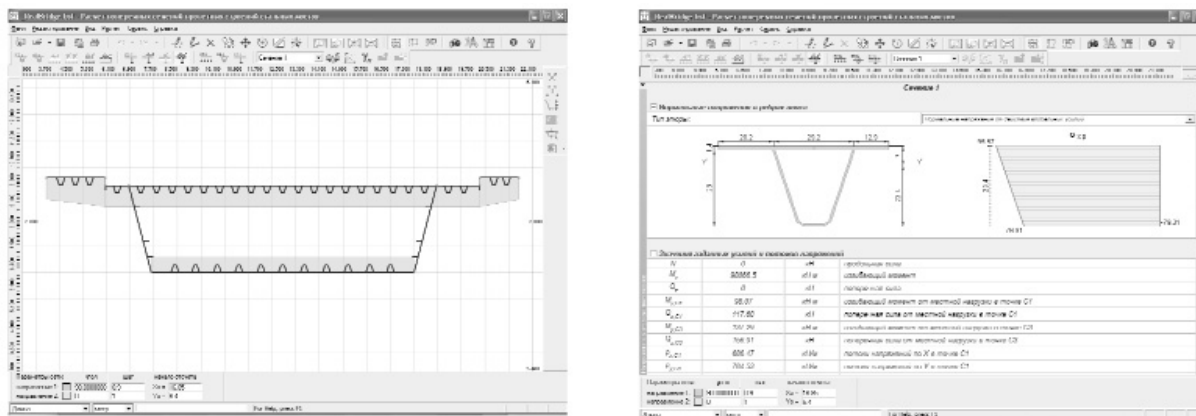


Рис.10. Общий вид программы «Поперечные сечения пролетных строений стальных мостов»

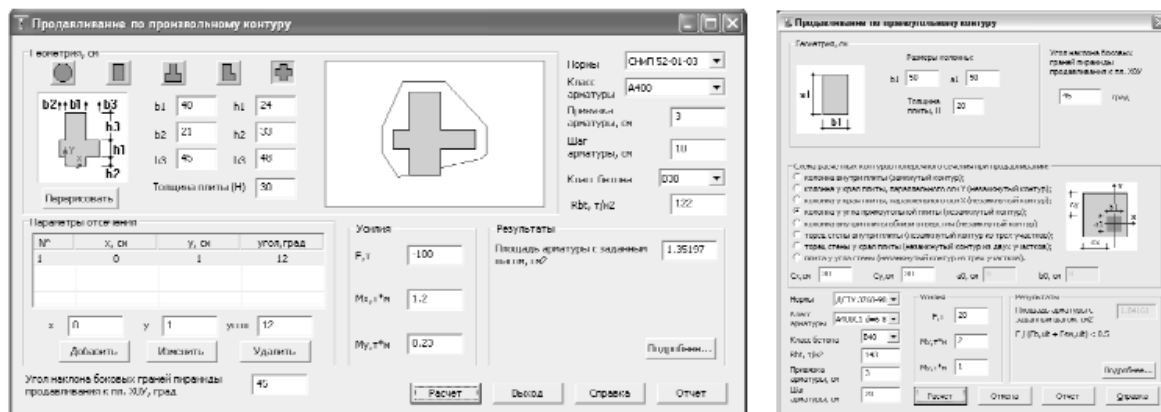


Рис.11. Общий вид программ: «Продавливание железобетонных плит по произвольному контуру» и «Продавливание по прямоугольному контуру»

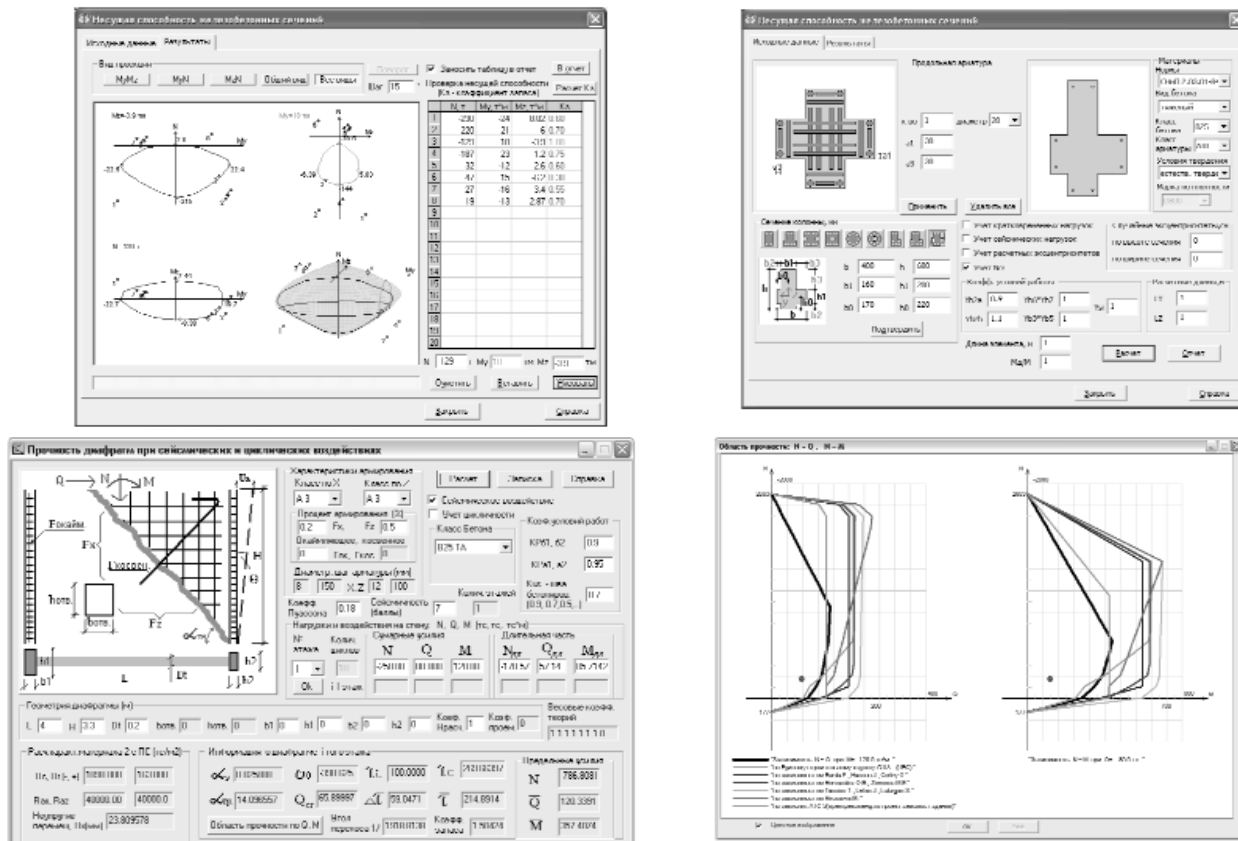


Рис.12. Общий вид программ «Эллипсоид усилий» и «Диафрагма»

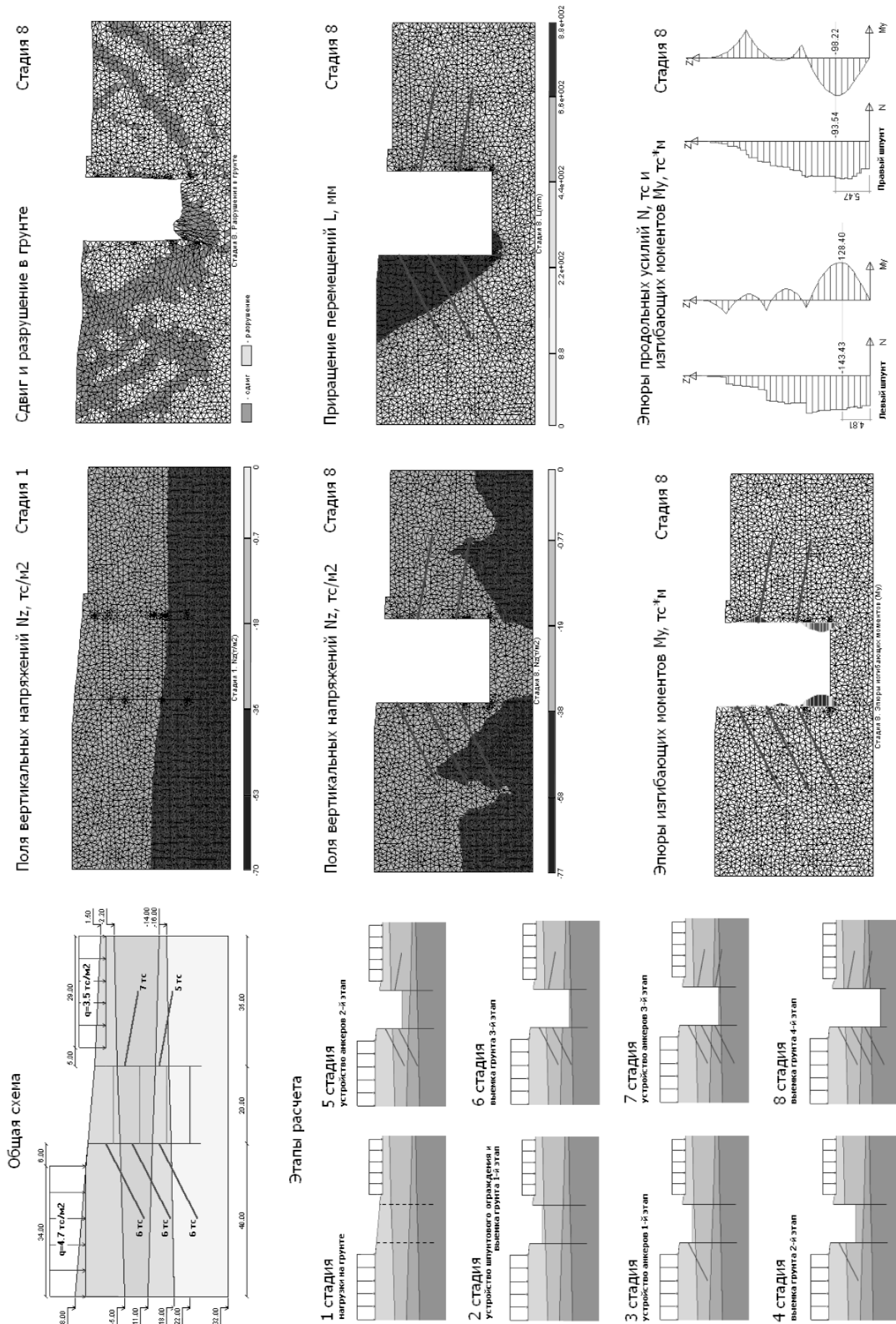
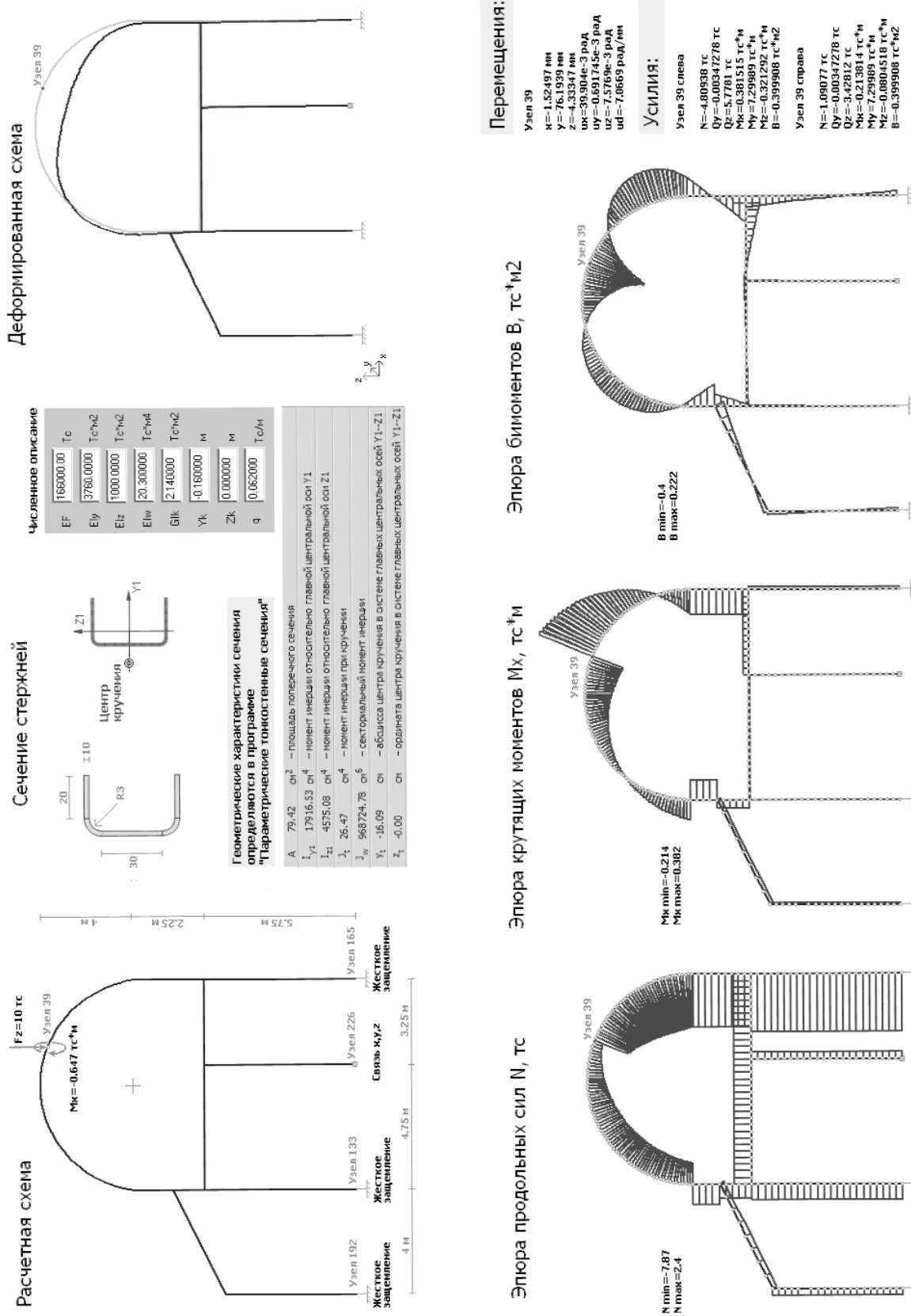


Рис.13. Результаты расчета ограждения котлована в программе «Стена в грунте»



11. Раздел «Продавливание плит» (2 программы)

– продавливание по произвольному контуру и Продавливание по прямоугольному контуру: программы предназначены для расчета железобетонных плит на продавливание. Для различных сечений колонн автоматически строится контур продавливания, который может быть откорректирован. Для прямоугольных колонн учитывается несколько расчетных ситуаций. Расчет поперечной арматуры производится на заданные усилия продавливания (продольные силы и моменты в двух плоскостях). Реализованы требования СНиП 2.01.03-84*, СНиП 52-01-03 и положения научно-технического отчета ГУП НИИЖБ (договор № 709 от 01.10.2002 г.), а также положения Еврокод 2[13] (рис.11).

12. Программа «Неупругий прогиб железобетонных балок».

Расчет неупругих прогибов: программа предназначена для определения неупругих прогибов многопролетной неразрезной железобетонной балки (до пяти пролетов с двумя консолями) под произвольные длительно действующие и кратковременные нагрузки. Реализованы положения СНиП 2.03.01-84*[4], СНиП 52-01-2003[6], Eurocode 2[13], ДСТУ 3760-98[5], ТСН-100.

13. Программа «Эллипсоид предельных усилий».

Несущая способность железобетонных элементов: для заданного произвольного железобетонного сечения с произвольно расположенными арматурными стержнями различного диаметра строится поверхность (неправильный эллипсоид) предельных усилий. Каждая точка поверхности такого эллипсоида соответствует одному из множества наборов N , M_x , M_y , обуславливающих предельное состояние сечения. Пользователь может задать точку с координатами нагрузок N , M_x , M_y и получить сечения (неправильные эллипсы), проходящие через эту точку и параллельные плоскостям системы координат N , M_x , M_y с указанием положения заданной точки (рис.12);

14. Программа «Диафрагма».

Прочность ж/б диафрагмы при сейсмических воздействиях: программа предназначена для оцен-

ки предельной сдвиговой прочности железобетонных диафрагм при сейсмических и циклических воздействиях. Реализован метод предельного равновесия в сочетании с эмпирическими методиками определения предельной прочности железобетонных диафрагм с трещинами: методика UBC (Единый строительный код США); зависимости Barda F., Hanson J., Corley G. (Американский институт бетона, Детройт); зависимости Hernandez O.B., Zermeno M.E. (WCCE, Стамбул); зависимости Tassios T., Lefas J., Lulurgas S. (Греция – СССР, совместные исследования); зависимости Hirose M. (Токийский университет); зависимости АТС-3 (Временные рекомендации по проектированию сейсмостойких зданий США); рекомендации из Пособия по проектированию жилых зданий к СНиП 2.08.01-85.

В расчете учитываются положения СНиП 2.03.01-84* и ЕКБ-ФИП. Учет цикличности действия сейсмических воздействий принят по идеализированной модели гистерезиса железобетонных стен. По результатам работы программы строится область прочности диафрагмы по зависимостям $N-Q$ и $N-M$. Выдается коэффициент запаса прочности стены по второму предельному состоянию (Рис.12).

15. Программа «Стена в грунте».

Программа предназначена для расчета ограждения котлованов в виде шпунтов или стены в грунте, усиленной анкерами. Расчетная модель является плоской и состоит из элементов грунтового массива, элементов стенового ограждения и анкерных креплений с преднапряжением. Задаются размеры грунтового массива и характеристики грунтов в нем, размеры котлована и уровни его отрывки, нагрузки на поверхность грунта, размеры и параметры материала и сечения стеновых элементов и анкеров, а также силы натяжения в анкерных креплениях. Расчет производится последовательно по стадиям. На первой стадии выполняется расчет полной модели (без анкеров) на собственный вес и заданную нагрузку. Дальнейшее количество стадий определяется автоматически и зависит от заданных уровней выемки грунта и отметок установки анкеров. По ходу расчета выполняется накопление перемещений в узлах, напряжений в элементах грунта и усилий в элементах стен и анкеров по стадиям. Результаты расчета представляются в виде изо-

полей перемещений и напряжений в грунте, а также усилий в шпунтах и анкерах по каждой стадии (рис.13).

16. Программа «Тостер».

Тонкостенные стержневые системы: программа предназначена для статического расчета систем из тонкостенных стержней в условиях стесненного кручения. Каждый узел рамы имеет 7 степеней свободы – три линейных перемещения, три поворота и деформацию. В текущей версии реализован расчет плоских стержневых систем. Жесткостные геометрические и секториальные характеристики задаются при помощи программы «Параметрические тонкостенные сечения» или численно. Допускаются узловые нагрузки в виде моментов, заданных перемещений и поворотов, а также распределенные нагрузки. В результате расчета вычисляются перемещения узлов, включая деформацию, и усилия в стержнях – продольная сила, изгибающие моменты, крутящий момент, перерезывающие силы, а также бимомент. Результаты расчета отображаются графически в виде деформированной схемы и эпюр усилий (см. рис.14), а также выдаются в табличной форме).

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия».
2. ДБН В. 1.2-2:2006 «Навантаження і впливи. Норми проектування», 2006, Київ
3. СНиП П-23-81* «Стальные конструкции».
4. СНиП 2.03.01-84* «Бетонные и железобетонные конструкции».
5. ДСТУ 3760-98. «Прокат арматурный для железобетонных конструкций», 1998, Київ
6. СНиП 52-01-03 «Бетонные и железобетонные конструкции».
7. СНиП П-22-81 * «Каменные и армокаменные конструкции».
8. СНиП П-25-80 «Деревянные конструкции».
9. СНиП 2.02.01-83* «Основания и фундаменты».
10. СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты.
11. ДБН В.2.1-10-2009 «Основы та фундаменти споруд», 2009, Київ.
12. СНиП 2.05.03-84* Мосты и трубы.
13. Eurocode 2: Design of concrete structures.
14. Eurocode 3.1.1 ENV 1993-1-1:1992.
15. Load and resistance factor design for Structural Steel Buildings, AISC, 1999.

АНОТАЦІЯ

ЕСПРІ являє собою електронний довідник інженера й містить серію розрахункових і довідкових програм повсякденного застосування. ЕСПРІ дозволяє розв'язувати різноманітні задачі розрахунку і проектування залізобетонних, сталевих, кам'яних, армокам'яних і дерев'яних конструкцій, основ і фундаментів, а також мостових конструкцій. ЕСПРІ забезпечує підтримку в прийнятті оптимального проектного рішення - при виборі розрахункової моделі конструкції, при аналізі результатів розрахунку споруди, при експертній оцінці проектів, при технічному нагляді за зведенням будинків та в багатьох інших практичних ситуаціях. Конструктивні розрахунки виконуються згідно з нормативами держав СНГ і Єврокодом. ЕСПРІ постійно поповнюється новими актуальними програмами і новим можливостями існуючих програм.

Ключові слова: статика, динаміка, стійкість конструкцій; розрахунки й проектування сталевих, залізобетонних, дерев'яних, кам'яних і армокам'яних конструкцій, ґрунтова основа, фундаментні конструкції, конструкції мостів; варіантне проектування.

ANNOTATION

ESPRI software is a set of programs that help civil and structural engineers make necessary decisions at their own workplace. ESPRI includes both simple software like electronic reference-books (tables of strength properties of concrete, brickwork, table of areas of rebars, steel tables, etc.) and rather complex software (static analysis of frames of arbitrary shape, generating influence lines for multispan beams, static analysis of rectangular slabs, wall-beams and shells, analysis of arbitrary sections of reinforced concrete bar elements, analysis of plate RC elements, determining inelastic deflections in multispan beams, generating surfaces of limit forces for arbitrary section of RC bar element, design of joints of steel structures, determining subgrade moduli variable across the foundation slab, etc.). Almost all programs support acting building codes of CIS countries and Eurocode. ESPRI is continually updated to include new programs and enhance features of existing ones (tracing routines, reports, interface between programs, etc.)

Key Words: statics, dynamics, stability of structures; analysis and design of steel, reinforced concrete, timber, masonry and reinforced masonry structures, soil, foundation, bridge structures; model variation.

УДК 696.6:621.316.1

*С.Б. Светличный к.т.н.; А.П. Ткаченко к.т.н.;
В.Ю. Пелевин к.т.н.
ТОВ «Лира Софт», Киев*

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА НА ОСНОВЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «ЭЛЬФ»

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрена возможность электротехнического проектирования объектов строительства при использовании программного комплекса «ЭЛЬФ». Представлены ключевые разделы программного комплекса: состав и функции программного комплекса, решаемые задачи, выполняемые функции, функциональное описание программного комплекса, организация работы с данными, проектирование, анализ и документирование, интеграция с другими САПР. Описываются данные, задаваемые в основных диалоговых окнах программного комплекса: задание общей информации о проекте, задание данных труб и коробок, задание данных электрофурнитуры, задание данных светильников, задание данных технологического оборудования, задание данных проводниковой продукции.

Ключевые слова: проектирование систем электроснабжения, силовое электроснабжение, распределительная сеть, автоматический выключатель, электрофурнитура, проводник.

В настоящее время технологии автоматизированного проектирования развиваются бурными темпами. Автоматизированы различные разделы строительного проекта (архитектура, конструирование, сантехника и т.д.), при этом вопросу автоматизации электротехнической части уделяется недостаточно внимания. Программный комплекс «ЭЛЬФ» разработан как система автоматизированного проектирования электротехнической части проекта промышленных и гражданских объектов строительства, и его использование поможет исправить сложившуюся ситуацию в данной сфере.

На основе задания для проектирования и учета проектов-аналогов проектировщик решает вопросы по выбору систем и видов электросетей, типу питающих силовых щитов, электроприемников,

кабельно-трубной продукции, их расположению. Нужно отметить, что решение этих вопросов должно проводиться комплексным образом, т.к. приходится учитывать условия трассировки групповых сетей, условия селективности, аварийной и пожарной безопасности. При этом проектировщик руководствуется требованиями нормативных документов и ему необходима информация для выбора целесообразных проектных решений, которую он выбирает на основе своего опыта, изучения проектов аналогов или на основе рекомендаций справочной и нормативной литературы.

На основе этой информации специалист-проектировщик предварительно определяет вариант расположения питающих силовых щитов, электроприемников, кабельно-трубной продукции и их параметры. При этом он руководствуется ограничениями, содержащимися в специальных требованиях, характерных для данного объекта. Исходя из назначения помещения и условий среды в них, определяются типы, марки и модификации элементов электросети. Зачастую проектировщик должен хорошо знать технологический процесс проектируемого предприятия, в частности, условия работы на каждом рабочем месте [1] и мн. др.

Выполнение электротехнических расчетов до появления ЭВМ требовали от проектировщика исполнения больших объемов рутинной работы по расчету и подбору элементов электросети. Сейчас же, когда для этой цели используются специализированные расчетные комплексы, проектировщик сравнительно быстро может выполнить расчет нескольких вариантов расстановки элементов электросети и производительность его работы заметно возрастает.

1 Состав и функции ПК Эльф

1.1 Состав программного комплекса

ПК «Эльф» состоит из четырех программ: «Эльф Калькулятор», «Эльф Трубная разводка», «Эльф Внутреннее электрооборудование», «Эльф Силовое электроснабжение».

Программа «Эльф Калькулятор», предназначена для определения расчетной нагрузки для любого количества элементов электрической сети с неограниченным количеством приемников электроэнергии (рис.1).

Программы «Эльф Трубная разводка», «Эльф Внутреннее электрооборудование», «Эльф Силовое электроснабжение» предназначены для разра-

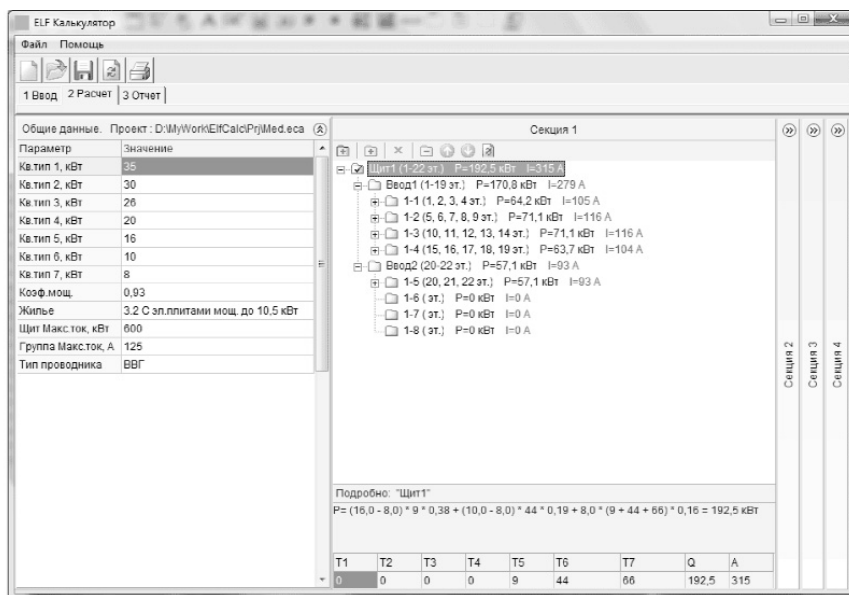


Рис.1. Общий вид программы «Эльф Калькулятор»

ботки проектов силового электрооборудования на всех стадиях проектирования — проект, рабочий проект, рабочая документация. Примеры проектирования силовой и осветительной части электротехнического проекта, сделанные в ПК Эльф, представлены на рис.2. Пример проектной документации, получаемый в программе: ведомость оборудования и принципиальная однолинейная схема автоматических выключателей представлены на рис.3.

1.2 Решаемые задачи

В программах ПК «Эльф» решаются следующие задачи:

- формирование структуры и конфигурации питающих и распределительных электрических сетей;
- расчет электрических нагрузок распределительных устройств различного уровня;
- расчет и выбор электрооборудования, проводниковой продукции и монтажных материалов;
- формирование проектной документации - планов размещения распределительных устройств и сетей, принципиальных однолинейных схем питающей и распределительной сетей, принципиальных схем распределительной сети (расчетно-монтажных таблиц), ведомость оборудования и материалов.

1.3 Выполняемые функции

Программы ПК «Эльф» обеспечивают выполнение следующих функций:

- размещение на рабочем чертеже и подбор параметров труб, коробок, электрофурнитуры, технологического оборудования, светильников, кабелей и проводов, силовых щитов;
- построение линейных схем с динамическим отображением внесенных изменений;
- прокладка трассы, участка кабеля или провода с учетом величины отступа от конструкций;
- определение длины кабелей и проводов в разных состояниях трассы с учетом масштаба чертежа;
- разводка силовых и осветительных сетей с выбором марки,

сечения и жилности проводников, а также расчет номинального тока и получение схемы автоматического выключателя;

- расчет мощности щита в рабочем и аварийном режимах;
- динамическое изменение однолинейной схемы при внесении изменений в любой элемент сети;
- экспорт и импорт данных электротехнического оборудования;
- расстановка размерных линий и высотных отметок электротехнических объектов;
- предварительный выбор параметров проводника при подборе автоматического выключателя по предварительно выбранной нагрузке на трассе;
- комплексное наполнение силового щита автоматическими выключателями.

В основу алгоритмов положены методики, требования и рекомендации нормативных документов по проектированию силового электрооборудования

2 Функциональное описание программного комплекса

В программном комплексе ПК «Эльф» используется возможность простого и доступного задания входной информации проекта. После проведенного анализа требований проекта проектировщик вводит в качестве исходных данных общую информацию о проекте и данные, необходимые для установки требуемого электротехнического оборудования (рис. 4).

2.1 Задание общей информации о проекте

Масштаб на плане – масштаб, в котором создана подоснова. Например, если подоснова начерчена в натуральную величину, то масштаб соответственно 1:1.

Отступ от конструкции – возможность задать величину отступа от конструкции, например стены при прокладке трассы.

Автоматический разворот текста – режим для осуществления автоматического разворота текста после изменения его положения.

Выбор прототипа схемы автоматического выключателя – возможность вносить изменения в базе прототипов схем автоматического выключателя.

Автоматическая модификация схем автоматического выключателя – режим модификации схем автоматических выключателей, расположенных в силовом щите, по результатам расчетов или изменений параметров электрооборудования на подключенной трассе.

Геометрический расчет / Аналитический расчет – выбор режима работы расчета нагрузок для подключенных трасс электроприемников, подбора параметров автоматических выключателей, подбора сечений проводниковой продукции.

Учитывать этажное расположение - учет поэтажного расположения шаблонов этажей объекта, ранее сделанных корректировкой этажного расположения относительно контрольной точки базового этажа.

Коэффициент запаса для формирования спецификации оборудования – задание величины коэффициента запаса для формирования спецификации оборудования.

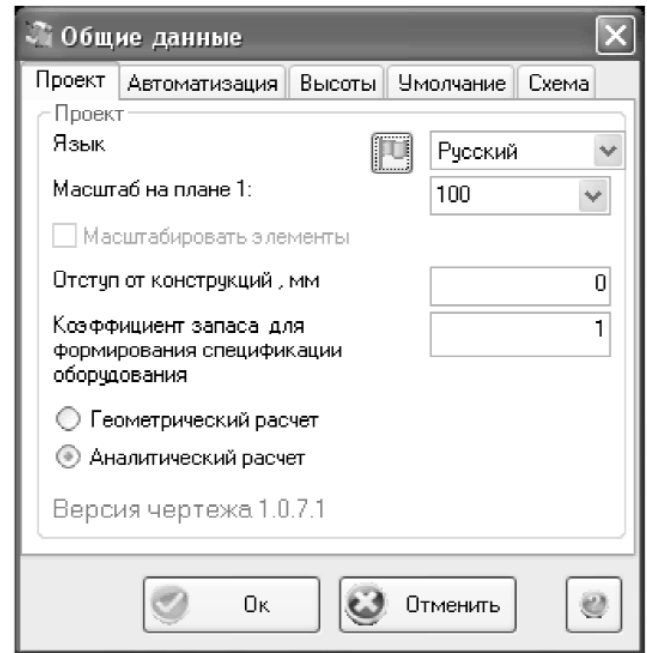


Рис. 4. Диалоговое окно «Общие данные», раздел «Проект».

2.2 Задание данных труб и коробок

Задаются параметры коробки: обозначение, вид, изготовитель, ГОСТ. Выбирается метод установки труб и коробок. Задаются параметры трубной продукции: наименование, тип, диаметр, длина (для установки методом вертикально), изготовитель, ГОСТ. Существует возможность установки горизонтальной трубы или вертикальной, задав ее высоту. Также можно выбрать режим прокладки трубы одновременно с проводником, задав необходимые параметры проводника (рис. 5).

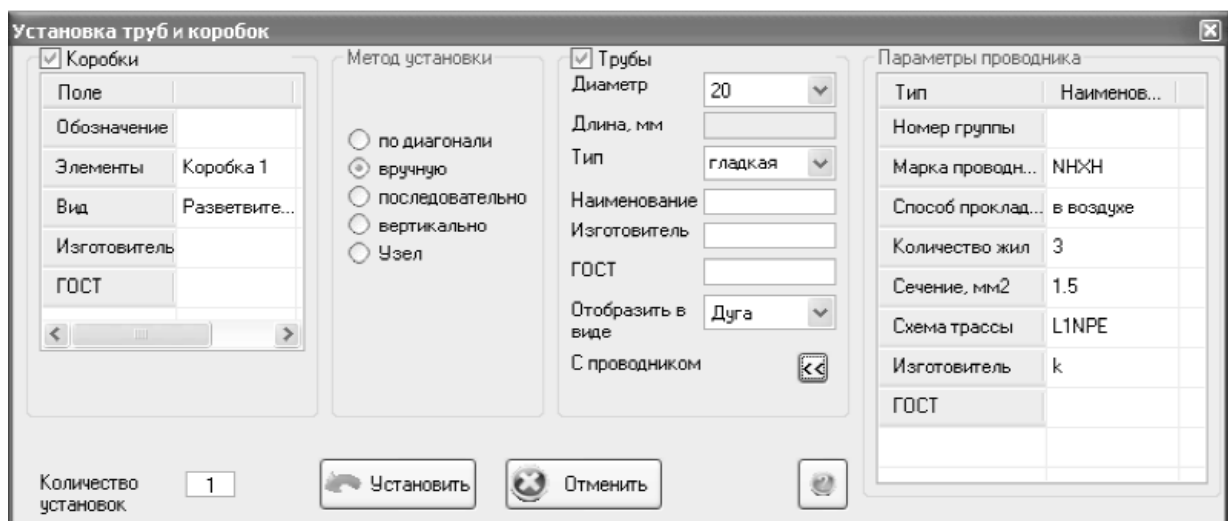


Рис. 5. Диалоговое окно «Установка труб и коробок», режим прокладки трубы с проводником

2.3 Задание данных электрофурнитуры

Диалоговое окно «Установка электрофурнитуры» представлено на рис. 6.

Для розеток задаются: наименование, номер группы, тип установки, класс защиты, номинальный ток, изготовитель, ГОСТ.

Для выключателей задаются: наименование, номер группы, тип установки, класс защиты, номинальный ток, количество полюсов, управление, изготовитель и ГОСТ.

Для переключателей задаются: наименование, номер группы, тип установки, класс защиты, номинальный ток, количество полюсов, изготовитель, ГОСТ.

Для клеммных колодок задаются: наименование, номер группы, подвесной патрон, класс защиты, номинальный ток, количество зажимов, изготовитель, ГОСТ.

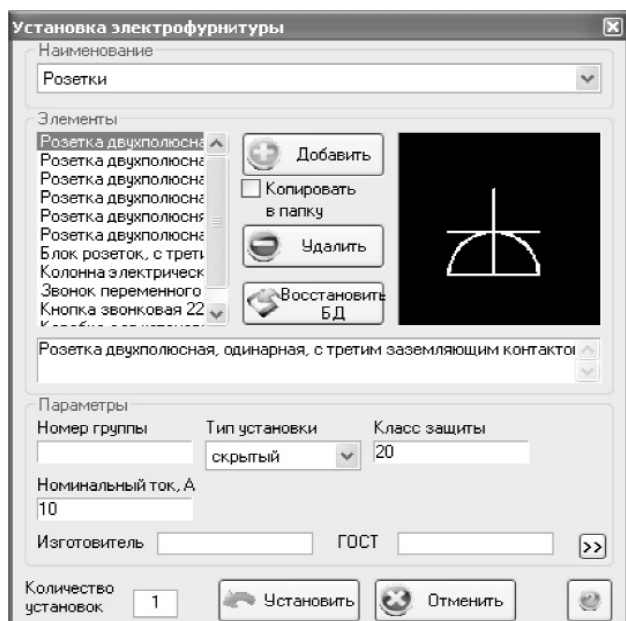


Рис. 6. Диалоговое окно «Установка электрофурнитуры»

2.4 Задание данных светильников

Диалоговое окно «Установка светильников» представлено на рис. 7.

Для светильников задаются: тип светильника, наименование, номер группы, мощность, тип освещения, цоколь, класс защиты, взрывозащита, управление, тип, количество ламп, изготовитель, ГОСТ.

2.5 Задание данных технологического оборудования

Диалоговое окно «Технологическое оборудование» представлено на рис. 8.

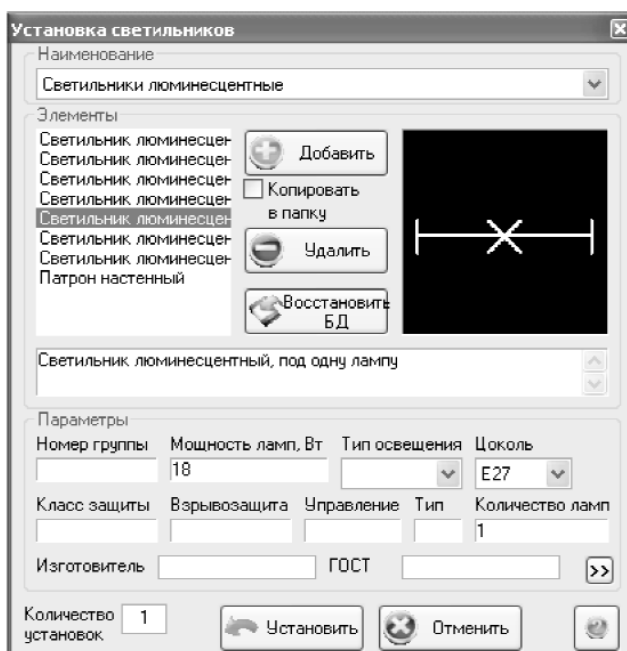


Рис. 7. Диалоговое окно «Установка светильников»

Для технологического оборудования задаются: наименование, обозначение, номер группы, суммарная мощность, фазность, косинус ϕ , расчетный или установленный ток, изготовитель, ГОСТ.

2.6 Задание данных силовых щитов

Для силовых щитов задаются: наименование, номер щита, номер группы, суммарные мощности для нормального и аварийного режимов, фазности, косинус ϕ , расчетные или установленные токи, изготовитель, ГОСТ.

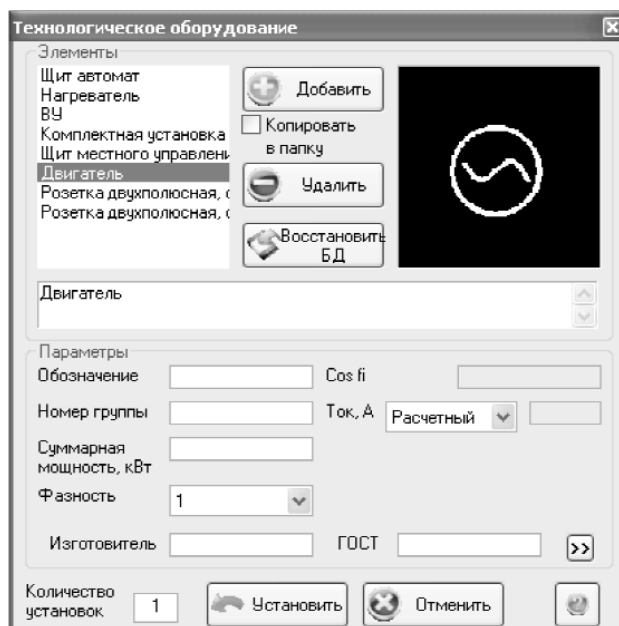


Рис. 8. Диалоговое окно «Технологическое оборудование»

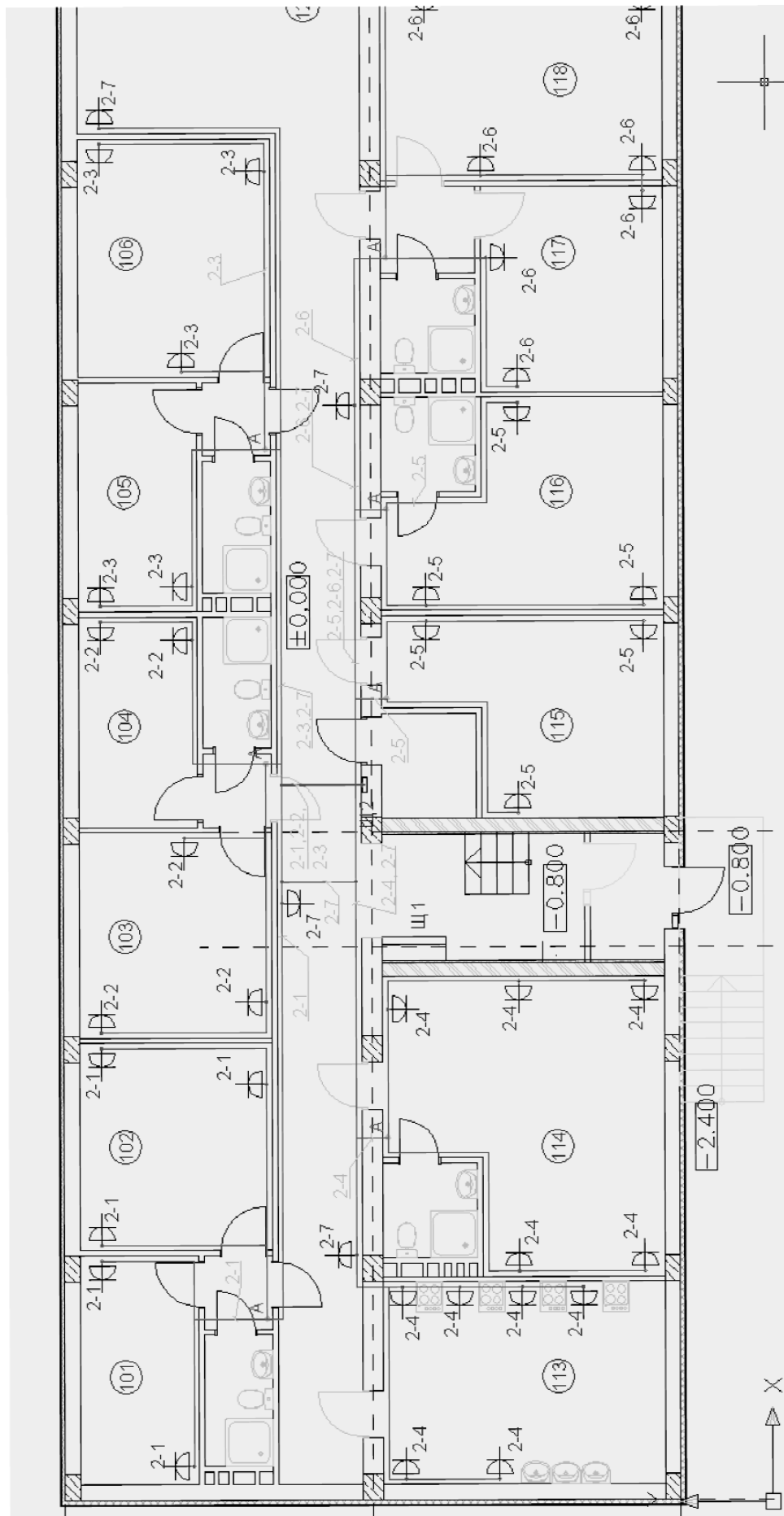


Рис.2 (а). Примеры проектирования силовой части электротехнического проекта

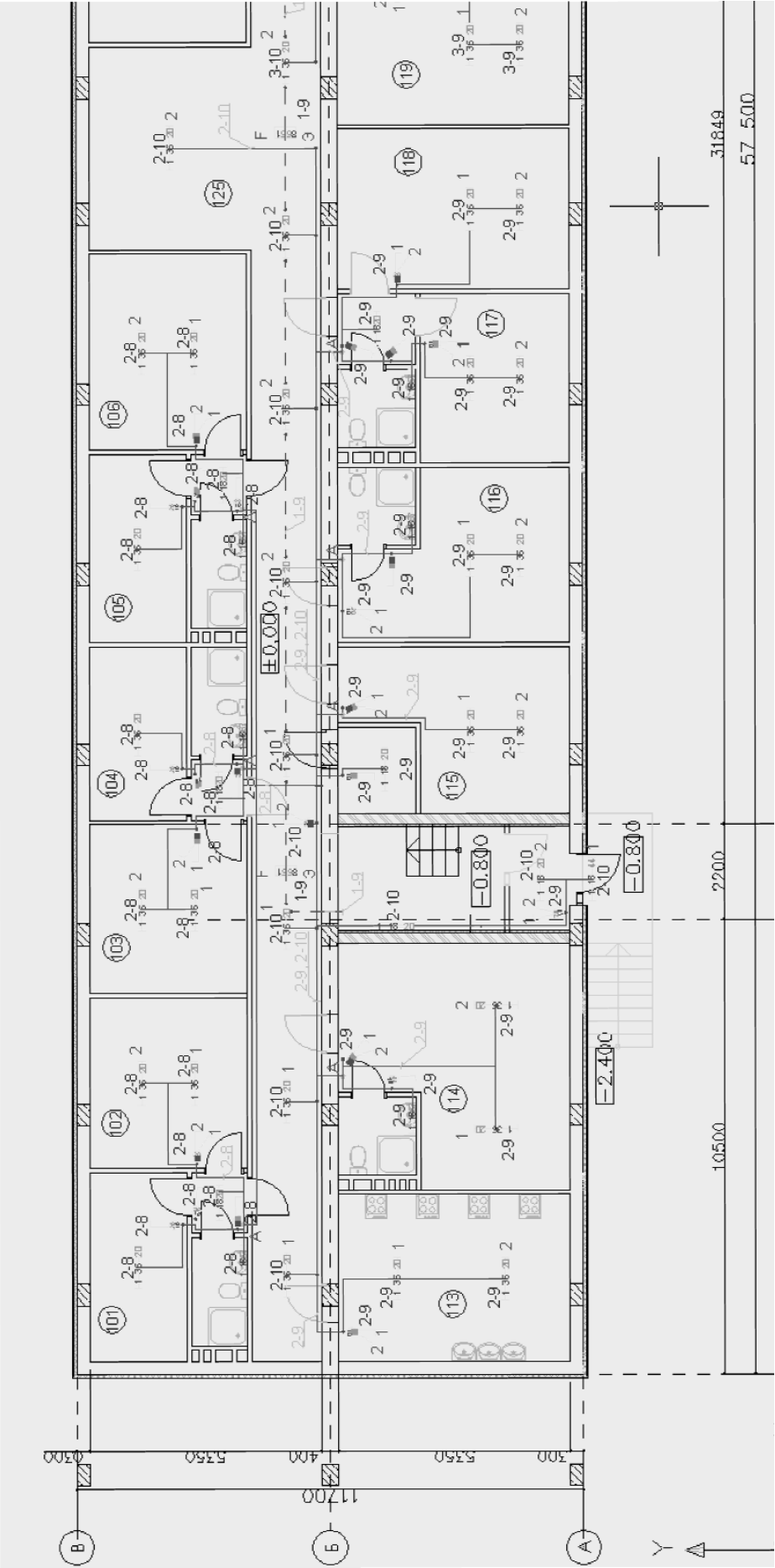
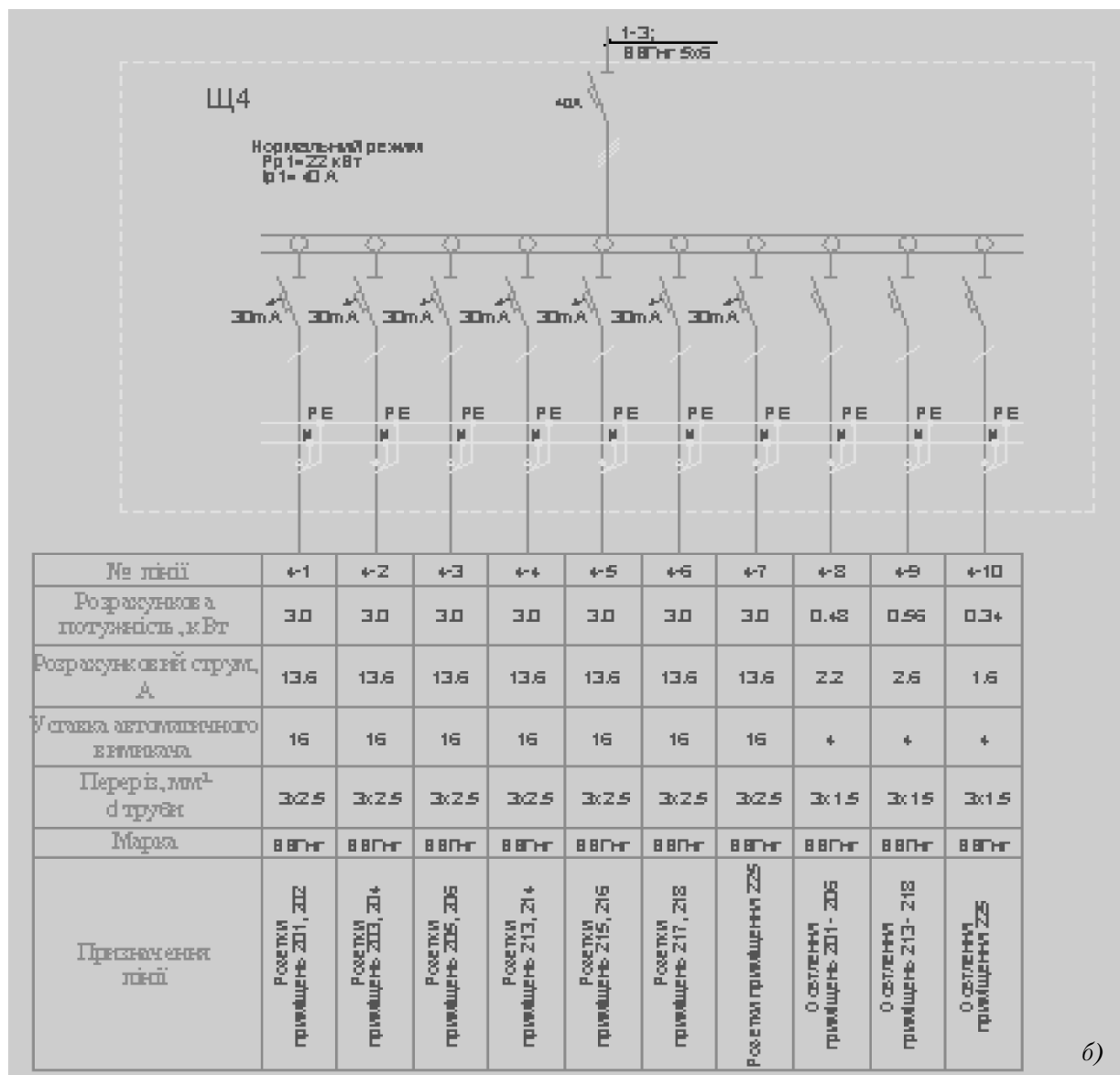


Рис.2(б). Примеры проектирования осветительной части электротехнического проекта

Вид, № подл.	Подпись	Исполн. инв. №	ИРЭС_ЭЛР						
Спецификация оборудования									
П.п. инв.	Наименование и техническое описание оборудования		Тип, марка, обозначение, заводской артикул, дата выпуска	Код аббревиатуры	Знак од.	Ед. изм.	Кол-во	Масса нетто, кг	Примечание
1	2		3	4	5	6	7	8	9
Пяти ступеней									
	ЩО, согласно схеме на листе					шт.	1		
	ЩА, согласно схеме на листе					шт.	1		
	ЩБ, согласно схеме на листе					шт.	1		
	ЩВ, согласно схеме на листе					шт.	1		
	ЩГ, согласно схеме на листе					шт.	1		
	ЩД, согласно схеме на листе					шт.	1		
	ЩЕ, согласно схеме на листе					шт.	1		
	ЩЖ, согласно схеме на листе					шт.	1		
	ЩЗ, согласно схеме на листе					шт.	1		
Системный									
Описание программного обеспечения, вид, дату выпуска, наименование, №ИД						шт.	208		
Описание программного обеспечения, вид, дату выпуска, наименование, №ИД						шт.	40		
Описание программного обеспечения, вид, дату выпуска, наименование, №ИД						шт.	3		
Системные подстанции, оборудование, наименование, вид, дату выпуска, наименование, №ИД						шт.	12		г
Листов									
Объемные данные									
Новое здание проектируемого объекта									
Изм.	Кол.	Лист	Изд.	Подпись	Дата	Наименование проектируемого здания			
						Старая	Лист	Листов	
							1	?	
						Спецификация оборудования			
						Наименование организации			

a)



б)

Рис.3 Пример проектной документации программы спецификация оборудования (а), и однолинейная схема автоматических выключателей (б)

Диалоговое окно «Щит силовой» представлено на рис. 9.

2.7 Задание данных проводниковой продукции

Диалоговое окно «Прокладка трассы» представлено на рис. 10.

Для проводниковой продукции задаются: марка проводника, номер группы, количество жил, се-

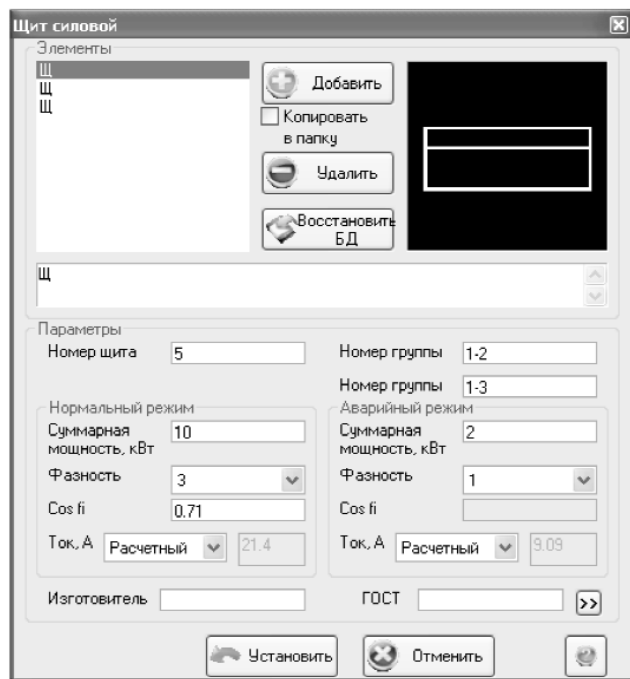


Рис. 9. Диалоговое окно «Щит силовой»

чение, схема трассы, тип установки, изготовитель, ГОСТ. Существует возможность установки горизонтального проводника или вертикального, задав его высоту.

Есть два варианта прокладки трассы проводниковой продукции:

1. Одиночная: один проводник – одна силовая группа;

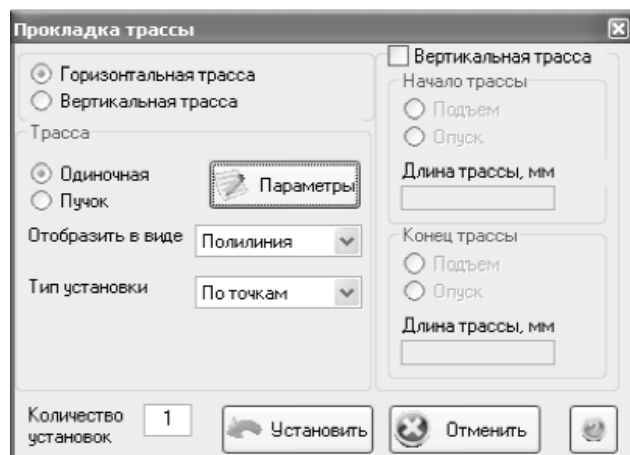


Рис. 10. Диалоговое окно «Прокладка трассы»

2. Пучком: каждый проводник (кабель или провод) собран в пучок и несколько разных силовых групп прокладываются одновременно.

2.8 Организация работы с данными

Особенностью формирования данных в ПК «Эльф» является то, что электрооборудование заданной текущей конфигурации можно установить несколько раз, используя опцию «Количество установок». Текущая конфигурация электрооборудования сохраняется в системе и может быть использована для последующих установок.

Установленное оборудование можно скопировать, отредактировать его параметры или удалить.

Расчет и выбор электрооборудования и материалов выполняется на основе нормативной базы данных. В ПК Эльф используются открытые базы данных электрооборудования и проводниковой продукции, наполнение и корректировку которых может выполнять пользователь ПК.

3 Проектирование, анализ и документирование

В зависимости от требований проекта проектировщик может использовать один или несколько критериев при расстановке электрооборудования, проводниковой или трубной разводки. К примеру, для трубной разводки используется несколько критериев установки коробок и труб на чертеже (рис. 5):

«По диагонали» — первая коробка устанавливается в центре помещения. Для задания габаритов помещения необходимо указать начальную и конечную точки, соответствующие вершинам его условной диагонали. Коробка будет установлена в середине этой условной линии. Вторая коробка устанавливается вручную в выбранной точке.

«Вручную» — обе коробки устанавливаются вручную в выбранных точках.

«Последовательно» — последовательно устанавливаются протяжные коробки и трубы.

«Вертикально» — трубы устанавливаются вертикально с возможностью задания высоты установки на текущем этаже.

«Узел» — устанавливаемые коробки, трубы и проводники объединяются в узел.

Результаты проектирования в ПК «Эльф» получаются при помощи «геометрического и аналитического» расчетов электрических нагрузок распределительных устройств разного уровня и электрооборудования, а также в результате подбора сечения проводниковой продукции. Выполнение этих расчетов в обычной процедуре электротехнического проектирования трудновыполнимо из-за трудоемкости их проведения, но при использовании ПК «Эльф» возможны вариантные вычисле-

ния всех элементов электросети, что обеспечивает получение наиболее точной оценки данного проектного решения.

На этапе анализа результатов проектирования и расчета проектировщик должен оценить полученные результаты. Если результаты соответствуют требованиям, предъявленным к проекту, тогда данный вариант принимается, иначе в проект могут вноситься изменения путем редактирования элементов электросети, причем в ПК реализован процесс диагностики на каждом этапе редактирования. Этот процесс является творческим, и по сути определяет профессиональное качество проекта. На заключительном этапе происходит выдача проектной документации на основе принятых проектных решений.

Быстродействие расчетных модулей и реализация концепций современных информационных систем позволяет проводить специалисту многовариантное проектирование в режиме реального времени. Технология автоматизированного проектирования в ПК «Эльф» дает возможность специалисту в течение нескольких минут получить обоснованное проектное решение достаточно больших и сложных объектов.

Этап выдачи проектной документации, отражающий результаты работы ПК «Эльф», полностью автоматизирован. Пользователь получает спецификации оборудования (рис. 3,а), однолинейные схемы автоматических выключателей (рис.3,б), чертежи размещения электрооборудования на технологических планах объекта (рис.2).

4 Интеграция с другими САПР

Полученные чертежи в формате DWG могут переданы в другие САПР.

Цифровая модель разработанного проекта может быть передана в формате XML-файла в систему архитектурного проектирования, формообразования и расчетов САПФИР [2].

Программы «Эльф Трубная разводка», «Эльф Внутреннее электрооборудование», «Эльф Силовое электроснабжение» реализованы в графической среде AutoCAD.

Одной из важных задач ПК «Эльф» является обеспечение интеграции с другими средствами САПР. Это позволит реализовать задачу использования в ПК «Эльф» проектов-аналогов из других САПР и типизацию проектных решений.

Следующей важной задачей перед ПК «Эльф» стоит интеграция в широко распространенные программы ZWCAD, BRISCAD и т.д.

Программный комплекс постоянно развивается и дополняется с учетом пожеланий пользователей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барабаш М.С., Крашевский А.С. Создание функциональной модели интеллектуальной компьютерной системы проектирования освещения. *Научовий вісник будівництва: Збірник наукових праць. Вип.31, – Х.: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2005. С. 272-277.*

2. Бойченко В., Палиенко О., Водопьянов Р., Шут А. Программа «САПФИР» для архитектурного проектирования зданий и сооружений. *Журнал САПР и графика, 2009. – № 11. С.66-68.*

АНОТАЦІЯ

У статті розглянуто можливість електротехнічного проектування об'єктів будівництва при використанні програмного комплексу «Эльф». Перераховані такі ключові розділи програмного комплексу: як склад та функції програмного комплексу, які вирішуються; завдання, функції, що виконуються, функціональний опис програмного комплексу, організація роботи з даними, проектування, аналіз і документування, інтеграція з іншими САПР. Описуються дані, що задаються в основних діалогових вікнах програмного комплексу: завдання загальної інформації про проект, завдання даних труб і коробок, завдання даних електрофурнітури, завдання даних світильників, завдання даних технологічного обладнання, завдання даних провідникової продукції.

Ключові слова: проектування систем електропостачання, силове електропостачання, розподільна мережа, автоматичний вимикач, електрофурнітура, провідник.

ANNOTATION

This article describes the possibility of electrical engineering construction sites using the software ELF. Listed are key sections of the software as: composition and functions of PCs, tasks, functions performed the functional description of the software, the organization of data management, design, analysis and documentation, integration with other CAD systems. Section 2 contains a description of the data defined in the main dialogs software, such as: the job of general information about the project, the task of data pipes and boxes, the task of data electrical, task lighting data, the task of data processing equipment and the task of data wires.

Keywords: designing power supply systems, power electricity, distribution system, circuit breakers, Electrical, conductor.

З М І С Т

	Стор.
<i>Галінський О.М., Франівський А.А., Рунова Т.В.</i> Нормативна база з висотного будівництва в Україні та напрями її вдосконалення	3
<i>Франівський А.А., Максименко В.П., Войтенко П.В.</i> Загальні підходи до розрахунку висотного монолітно-каркасного будинку відповідно до вимог нового нормативного документа «Проектування висотних житлових і громадських будинків»	11
<i>Городецкий А.С., Барабаш М.С.</i> Исследование устойчивости конструкций зданий и сооружений к прогрессирующему разрушению при аварийных воздействиях	19
<i>Катценбах Р., Дунаевский Р.А., Муляр Д.Л., Дьяченко К.О.</i> Строительство высотных зданий методом «СВЕРХУ ВНИЗ» («TOP-DOWN»)	23
<i>Катценбах Р., Дунаевский Р.А., Муляр Д.Л., Дьяченко К.О., Галинский А.М.</i> Баретты — эффективные фундаменты для высотных зданий	28
<i>Городецкий О.С., Боговис В.Е., Гензерский Ю.В., Гераймович Ю.Д., Марченко Д.В.</i> Программный комплекс «ЛИРА» новые возможности для проектирования высотных зданий	38
<i>Городецкий Д.А., Рассказов А.А., Лазарев А.А., Батрак Л.Г., Маснуха А.М., Максименко В.П.</i> Программный комплекс «МОНОМАХ» для автоматизированного расчета и проектирования высотных многоэтажных зданий	44
<i>Бойченко В.В., Палиенко О.О., Шут А.А., Боговис В.Е.</i> Проектирование высотных зданий с помощью системы автоматизированного проектирования «САПФИР»	51
<i>Городецкий А.С., Максименко В.П., Гераймович Ю.Д., Стрелец-Стрелецкий Е.Б., Вакуленко А.В., Медведев Д.В., Филоненко Ю.Б., Шелудько В.А.</i> ЭСПРИ — электронный справочник инженера	55
<i>Светличный С.Б., Ткаченко А.П., Пелевин В.Ю.</i> Автоматизированное выполнение электротехнической части проекта на основе программного комплекса «ЭЛЬФ»	69

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Науково-технічний збірник

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ

Випуск № 2 (20)

Редактор Балицький В.С. тел. 248-48-68

Піписано до друку 14.12.2010. Формат 60х90 1/8. Папір офсетний. Друк офсетний.

Ум.-друк арк. 9,75. Наклад 300 прим. Замовлення 1012/40. Ціна договірна

Науково-дослідний інститут будівельного виробництва

03680, МСП, Київ, Червонозоряний пр., 51

Друкарня «Оранта». 03037, Київ, вул. М. Кривоноса, 26