

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-

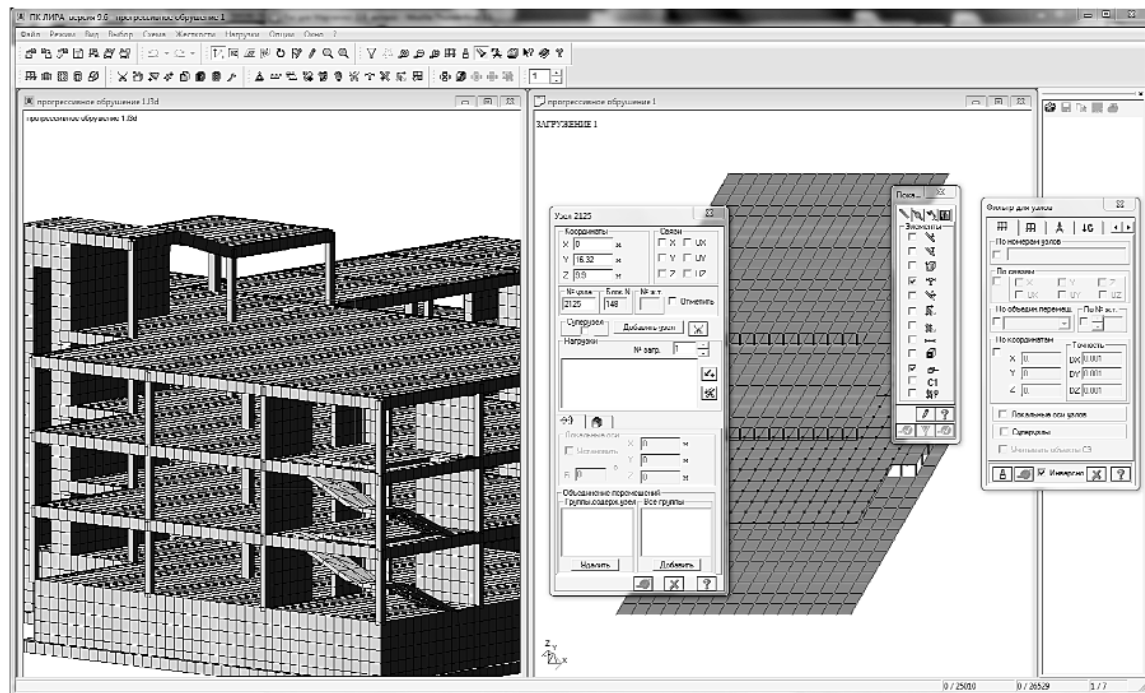


Рис. 1. Интуитивная графическая среда пользователя

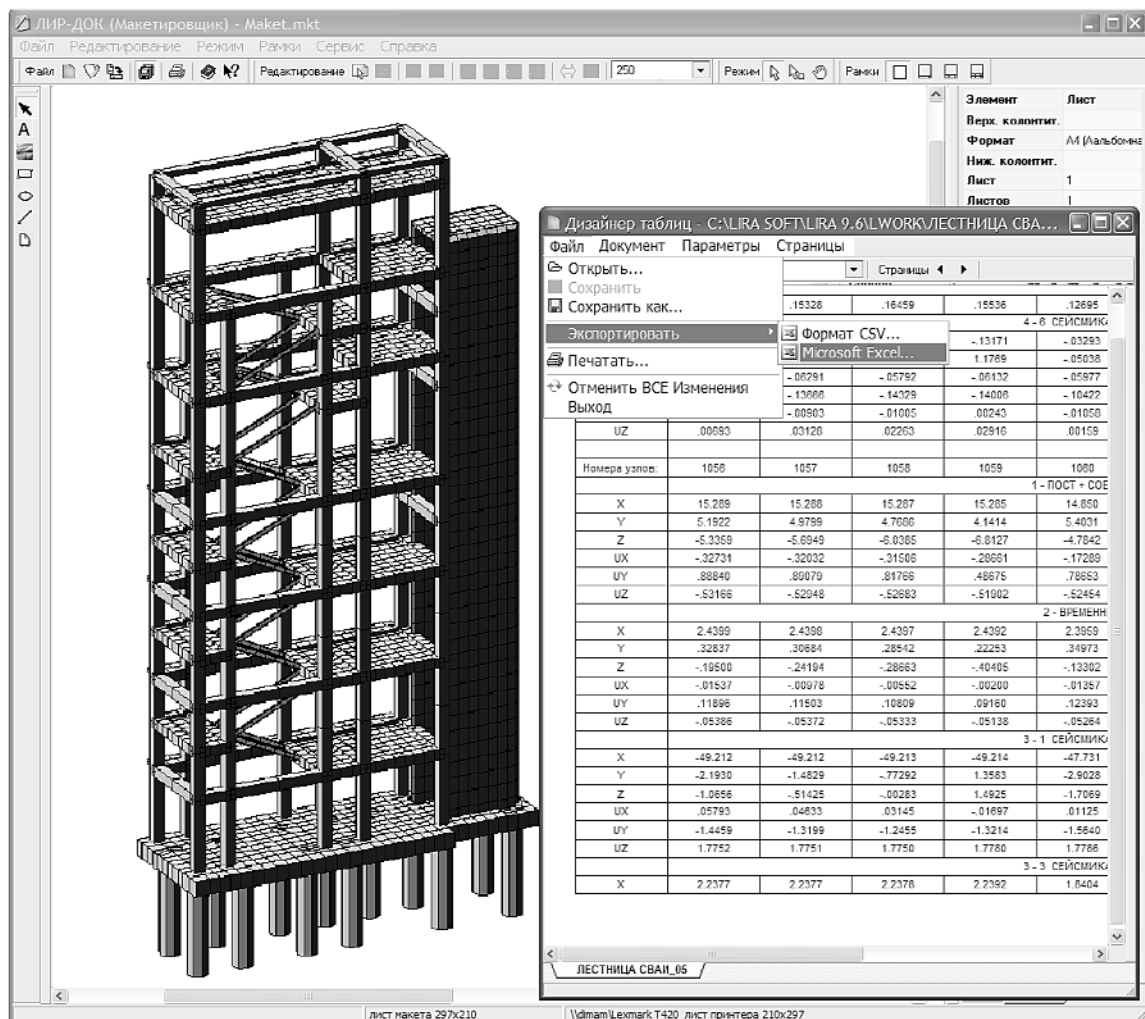


Рис. 2. Система документирования

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-

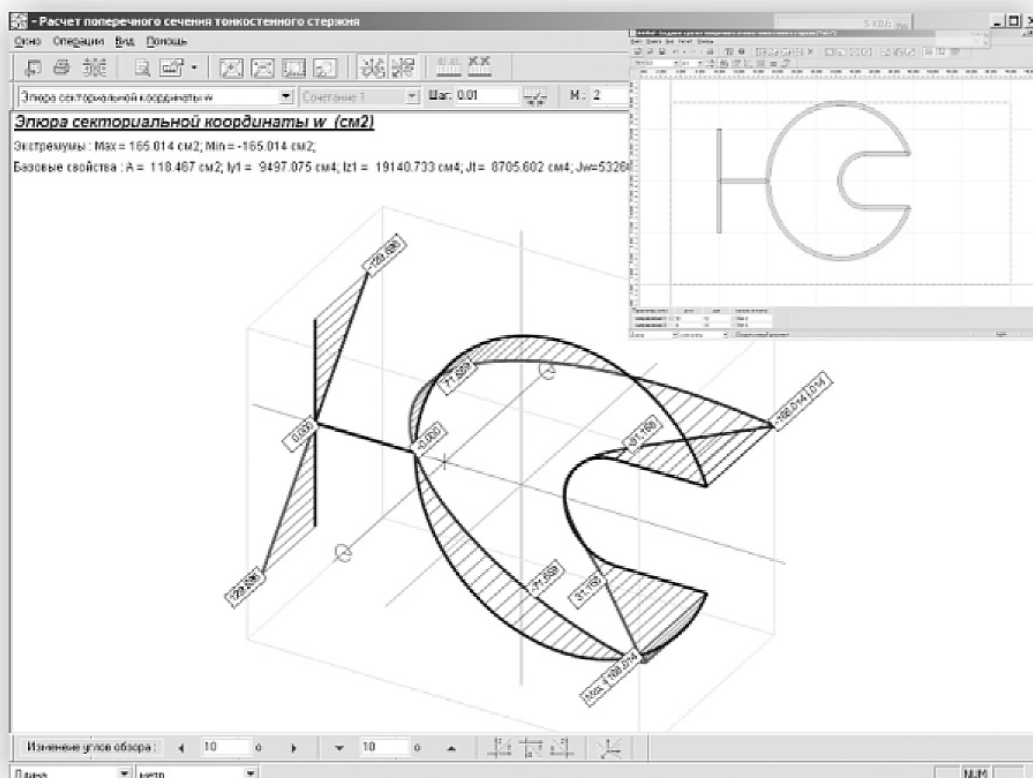


Рис. 3. Эюра секториальной координаты

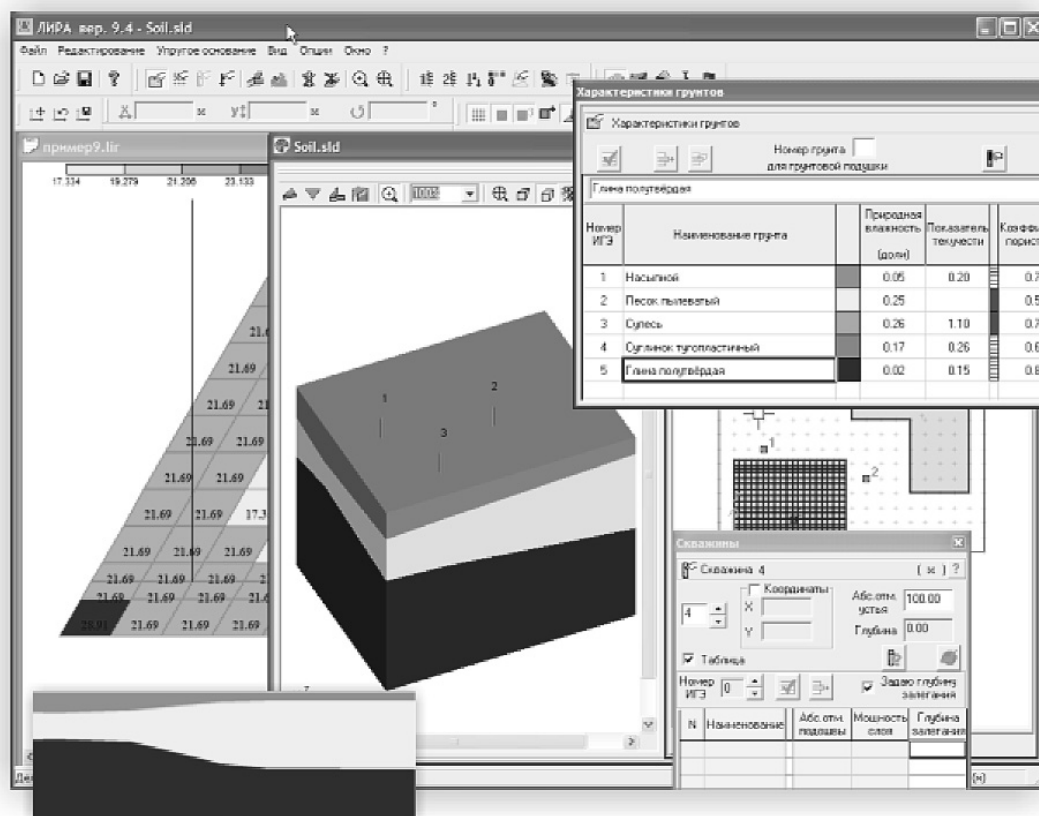


Рис. 4. Характеристики грунтов

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-

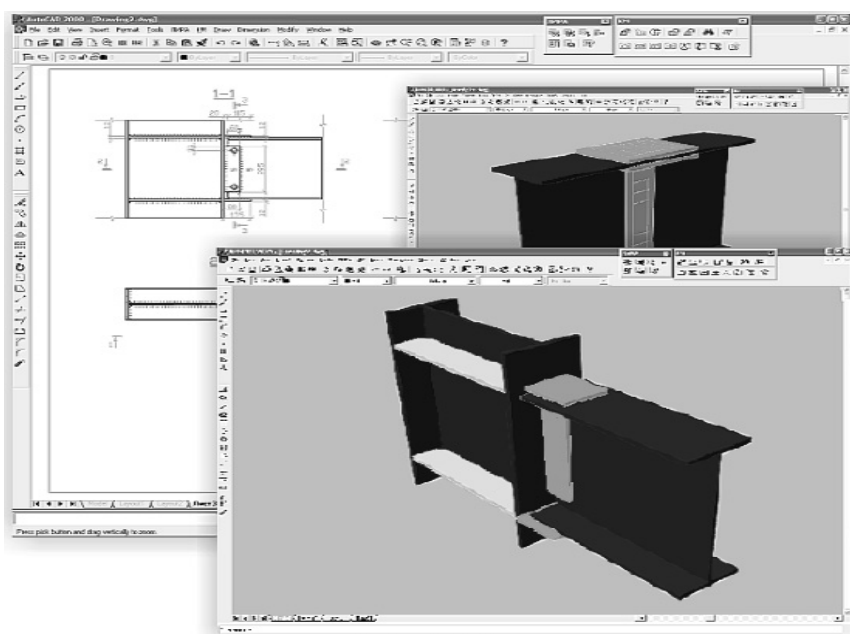


Рис. 5. Расчет стальных конструкций

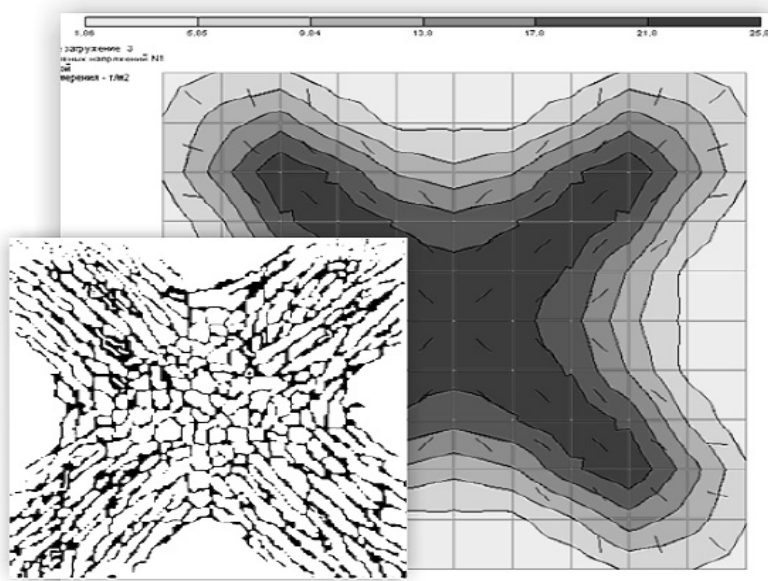


Рис. 6. Результаты компьютерного моделирования процесса нагружения (картина трещин) железобетонной плиты и сравнение их с натуральным экспериментом

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.