

И.А.Самойлова

Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова (E-mail: irinasam2005@mail.ru)

Использование программного комплекса ЛИРА при обучении студентов специальности «Механика»

Статья посвящена использованию современных программных комплексов в учебном процессе при подготовке специалистов-механиков, показаны их актуальность и значимость при написании курсовых и дипломных проектов в настоящее время. Описаны основные возможности программного комплекса ЛИРА. Подробно рассмотрен пример расчета плоской фермы с помощью ПК Лира, получены значения усилий по элементам, сравнены с аналитическими методами.

Ключевые слова: программный комплекс ЛИРА, проектирование строительных конструкций, программа Sad10, плоская ферма.

Использование современных информационных технологий при решении задач механики является актуальнейшим требованием нашего времени.

В настоящее время во всех проектных организациях основную часть расчетов при проектировании строительных элементов конструкций, зданий и сооружений выполняют с применением специальных проектно-вычислительных комплексов, которые примечательны тем, что в них отражаются и используются самые последние достижения по расчету и проектированию сооружений. При подготовке инженеров-механиков должны обязательно учитывать это и включать в учебные планы дисциплины, обучающие методам современного компьютерного проектирования сооружений с применением тех проектно-вычислительных комплексов, которые наиболее доступны для внедрения их в учебный процесс. Необходимо учитывать и то обстоятельство, что в наше время многие студенты имеют доступ к компьютерам и сети Internet вне стен вузов и зачастую достаточно информированы о преимуществах современных программ и имеют возможность использования их бесплатных демонстрационных версий при написании как курсовых, так и дипломных проектов.

Используемые в современной инженерной практике проектно-вычислительные комплексы при расчете строительных конструкций могут различаться между собой методическими и сервисными разработками, пользовательским интерфейсом, но все они без исключения включают в себя алгоритмы статических и динамических расчетов конструкций, реализующиеся основными методами строительной механики. Строятся алгоритмы численных расчетов в этих программных обеспечениях в большинстве случаев на методе конечных элементов, выполняемом в форме метода перемещений или метода сил.

Не рассматривая задачу сравнительного сопоставления характеристик и требований различных проектно-вычислительных комплексов, отметим, что в настоящее время на математическом факультете Карагандинского государственного университета имени Е.А.Букетова, осуществляющего подготовку специалистов-механиков, наиболее доступным для применения в учебном процессе является программный комплекс ЛИРА, разработанный украинской группой специалистов в г. Киеве.

Программный комплекс ЛИРА (ПК ЛИРА) — это многофункциональный программный комплекс для расчета, моделирования работы, исследования и проектирования строительных конструкций различного назначения [1].

В настоящее время ПК ЛИРА широко находит применение в расчетах различных объектов строительства, атомной энергетики, машиностроения, нефтедобывающей промышленности, мостостроения и в других сферах, где используются методы строительной механики.

В ПК ЛИРА заложено большое количество основных типов конечных элементов: четырехугольные и треугольные элементы мембраны, стержни, плиты и оболочки на упругом основании, пространственные элементы и др.

Расчет выполняется на статические, динамические и температурные нагрузки. Статические нагрузки моделируют силовые воздействия от сосредоточенных или распределенных сил или моментов, температурного нагрева и перемещений отдельных областей конструкции. Динамические на-

грузки моделируют воздействия от землетрясения, пульсирующего потока ветра, вибрационные или ударные воздействия от технологического оборудования, ударные воздействия.

ПК ЛИРА позволяет автоматизировать ряд процессов проектирования:

- подбор и проверка сечений конструкций, стальных и железобетонных;
- формирование эскизов рабочих чертежей конструктивных элементов;
- нахождение РСУ (расчетных сочетаний усилий) и РСН (расчетных сочетаний нагрузок).

ПК ЛИРА предоставляет возможность моделировать процесс возведения конкретного сооружения с учетом монтажа и демонтажа его конструктивных элементов, произвести расчет отдельных объектов с учетом физической и геометрической нелинейности.

ПК ЛИРА поддерживает информационную связь с другими широко распространенными CAD-системами, такими как AutoCAD и ArchiCAD [1].

В учебном процессе нашего высшего учебного заведения профессиональная деятельность реализуется через курсовое и дипломное проектирование. Целью курсового проектирования является углубление теоретических знаний и приобретение практического опыта разработки рабочего проектирования конструкций, а также опыта научно-исследовательской работы. Студенты при выполнении курсовых и дипломных проектов ставятся перед необходимостью уметь сравнивать, анализировать, оценивать данные и варианты решений поставленных задач, систематизировать полученный материал, делать свои обобщения и выводы. Иначе говоря, для курсового и дипломного проектирования создаются условия профессионально ориентированной, учебно-информационной среды. Это позволяет научить решению проектно-конструкторских задач при помощи современных программных комплексов [2].

Студенты второго курса математического факультета, обучающиеся по специальности «Механика», выполняют курсовую работу по дисциплине «Теоретическая механика» в соответствии с рабочим учебным планом специальности. Данная курсовая работа представляет целый комплекс вопросов для самостоятельного решения студентами, способствующего самостоятельному углубленному изучению основных, наиболее трудных и важных разделов учебной программы. Основными задачами курсовой работы студентов-механиков являются [3]:

- изучение аналитических методов расчета плоских ферм;
- подготовка данных для компьютерного расчета ферм;
- анализ и сопоставление полученных результатов аналитического и компьютерного расчета.

К аналитическим методам относятся метод вырезания узлов и метод Риттера. Студенты самостоятельно рассчитывают свои схемы, закрепляют знания, полученные при изучении теоретической механики.

Для компьютерного расчета используется программа Sad10, составленная основателем кафедры механики, д.т.н., профессором К.А.Турсуновым. Программа Sad10 позволяет получить данные, характеризующие напряженно-деформированное состояние ферм.

Возвращаясь к точке зрения, высказанной в начале статьи, студенты-механики должны иметь представление о современных программных комплексах. И у них есть все возможности ознакомиться с программным комплексом ЛИРА уже на данном этапе обучения.

Автор статьи предлагает рассмотреть пример расчета плоской фермы [3] с помощью программного комплекса ЛИРА (рис. 1).

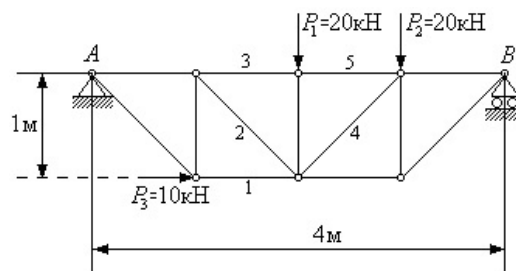



Рисунок 1. Исходная плоская ферма

Создание новой задачи

Для того чтобы создать новую задачу, щелкните по кнопке  на панели инструментов (Файл / Новый). В открывшемся окне «Признак схемы» необходимо указать следующие параметры (рис.2):

- имя создаваемой задачи — «Ферма»;
- признак схемы — выбираем 2 (три степени свободы в узле: два перемещения и поворот).

После этого щелкните по кнопке .

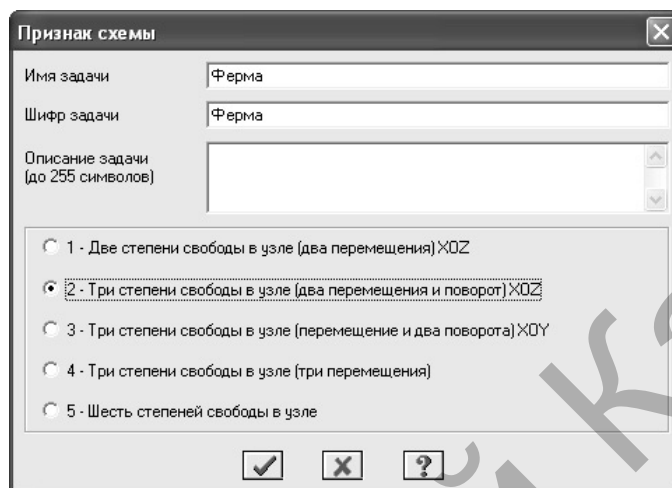


Рисунок 2. Диалоговое окно «Признак схемы»

Создание геометрической модели

Первым шагом будет переход от исходной схемы к расчетной. Этот шаг очень важен, так как определяет правильность всех последующих действий.

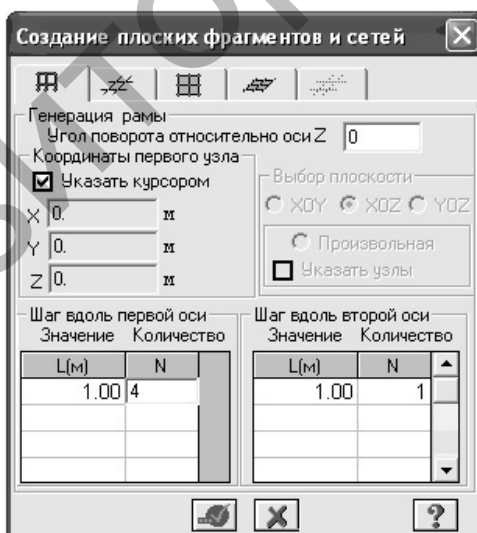





Рисунок 3. Диалоговое окно «Создание плоских фрагментов и сетей»

Для создания геометрической модели с помощью кнопки  на панели инструментов (Схема / Создание / Регулярные фрагменты и сети) вызовите диалоговое окно «Создание плоских фрагментов и сетей» (рис. 3).


В появившемся окне задайте:

- шаг вдоль первой оси: 1м, их количество: 4.
- шаг вдоль второй оси: 1м, их количество: 1.

Остальные параметры не задаются и принимаются по умолчанию. Для продолжения щелкните по кнопке .

Программа автоматически нумерует узлы и элементы схемы. Для их вывода на экран щелкните по кнопке «Флаги рисования»  (Опции / Флаги рисования). В появившемся диалоговом окне «Показать» сделать активной закладку «Элементы» и установите флажки «Номера элементов».

Для вывода на экран номеров узлов в диалоговом окне «Показать» при активной закладке «Узлы» установите флажок «Номера узлов».

Щелкните по кнопке «Перерисовать» .

На рисунке 4 представлена полученная схема.

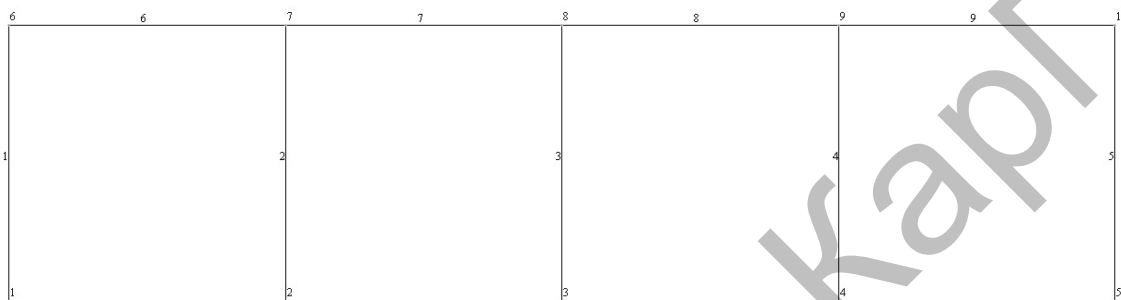





Рисунок 4. Нумерация элементов и узлов расчетной схемы

Удалим лишние 1-й и 5-й элементы. Сначала элемент необходимо выделить, нажав кнопки «Отметка элементов»  (Выбор / Отметка элементов) и одиночно указать курсором или растянуть вокруг него «рамку». При этом он изменит свой цвет на красный (по умолчанию). Затем удаляем его нажатием на кнопку «Удаление»  (Схема / Корректировка / Удаление) или клавишу DEL на клавиатуре.

Удалим лишние 1-й и 5-й узлы. Сначала узел необходимо выделить, нажав кнопки «Отметка узлов» (Выбор / Отметка узлов) и одиночно указать курсором или растянуть вокруг него «рамку». При этом он изменит свой цвет на красный (по умолчанию). Затем удаляем его нажатием на кнопку «Удаление»  (Схема / Корректировка / Удаление) или клавишу DEL на клавиатуре.

Добавим элемент, соединяющий: 2-й и 3-й, 3-й и 4-й, 2-й и 6-й, 3-й и 7-й узлы (Схема / Корректировка / Добавить элемент, перечислив узлы).

Перенумеруем узлы и элементы. Для этого выберем (Схема / Корректировка / Перенумерация узлов и элементов). На рисунке 5 представлена полученная геометрическая модель.

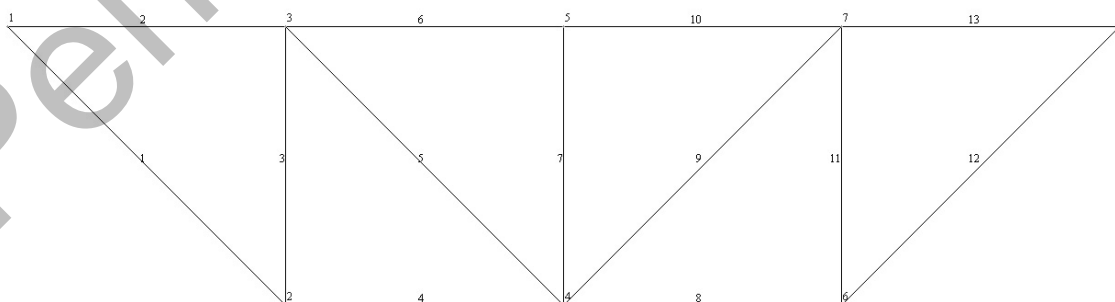




Рисунок 5. Созданная геометрическая модель

Установка связей в узлах

В опорных узлах необходимо указать соответствующие связи (запретить им перемещения по степеням свободы, ограничить перемещения конечными элементами, моделирующими работу связи).

Для отметки узлов № 1 и 8 нажмите кнопку  на панели инструментов (Выбор / Отметка узлов). С помощью курсора выделите узлы № 1 и 8 (узлы при этом подсвечиваются красным цветом).

Так как есть признак расчетной схемы № 2, то возможны следующие перемещения X, Z, UY (поворот относительно оси OY).

С помощью кнопки  на панели инструментов (Схема / Связи) откройте окно «Связи в узлах» (рис. 6). При помощи флажков отметьте направления, по которым запрещены перемещения узлов. Для шарнирно-неподвижной опоры (узел 1) запрещены перемещения X и Z (рис.6, а), для шарнирно-подвижной — запрещено перемещение Z (рис. 6, б).

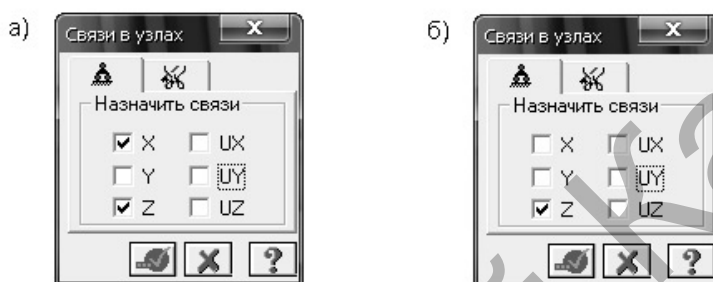



Рисунок 6. Диалоговое окно «Связи в узлах»

После этого подтвердите введенные данные при помощи кнопки  (узлы окрашиваются в синий цвет).


Задание типов жесткости и их назначение

Для расчета следует ввести жесткостные параметры элементов. Количество вводимых параметров зависит от указанного типа конечных элементов. В эти параметры входят: площади поперечных сечений, толщина плит и оболочных элементов, моменты инерции сечений, коэффициенты постели упругого основания, модули упругости и сдвига.


Порядок задания жесткостных характеристик:

- вводятся данные для жесткостных характеристик. Каждый такой набор характеристик будет называться типом жесткости или просто жесткость. Полученному типу жесткости присваивается порядковый номер;
- назначается один из типов жесткости текущим;
- отмечаются элементы, для которых необходимо присвоить текущую жесткость;
- присвоить выбранным элементам жесткостные характеристики текущего типа.

Для формирования типа жесткости вызвать окно «Жесткости элементов» при помощи одноименной кнопки с панели инструментов.


В открывшемся диалоговом окне с помощью кнопки «Добавить» вывести список заложенных стандартных типов сечений, перейти на третью закладку EF , выбрать «КЭ 1 численное». Щелкните по кнопке  для подтверждения введенных данных.

Теперь формирование типов жесткости окончено и можно переходить к их назначению элементам рамы.

Выделите все элементы схемы (выделенное подсвечивается красным цветом): нажмите кнопку «Отметка элементов»  (Выбор / Отметка элементов) и одиночно укажите курсором или растянув вокруг них «рамку».

В окне «Жесткости элементов» с помощью кнопки «Назначить» выделенным элементам присваивается текущая жесткость и с элементов снимается выделение.

Назначение нагрузок

Порядковый номер и имя загрузки присваиваются в окне «Активное загрузение» (рис. 7), которое вызывается щелчком по кнопке  на панели инструментов (Нагрузки / Выбор загрузки). В начале работы, по умолчанию, предлагается первый номер и имя «Загрузка 1».

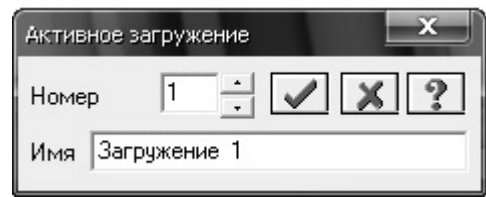









Рисунок 7. Диалоговое окно «Активное загрузение»

С помощью кнопки  (Выбор / Отметка узлов) и мышки выделите узлы 5, 7 и щелкните по кнопке . Нагрузки на узлы и элементы вводятся при помощи окна «Задание нагрузок», которое вызывается кнопкой  на панели инструментов (Нагрузки / Нагрузка на узлы и элементы). В этом же окне нажмите кнопку , задайте значение силы. Аналогично задайте сосредоточенную силу ко 2-му узлу, выбрав направление оси X.

Результаты расчета

Программный комплекс ЛИРА обеспечивает пользователя широким набором функций для предварительной оценки достоверности напряженно-деформированного состояния интересующей схемы в каждом загрузении или для комбинаций загрузений, позволяет получить полную информацию по каждому узлу и элементу.

Запустите задачу с помощью кнопки  на панели инструментов (Режим / Выполнить расчет).

После завершения расчета переход в режим просмотра результатов расчета осуществляется по кнопке  на панели инструментов (Режим / Результаты расчета). Возврат в режим создания расчетной схемы осуществляется с помощью кнопки  на панели инструментов (Режим / Расчетная схема).

По умолчанию расчетная схема в режиме просмотра результатов расчета отображается с учетом перемещений узлов (рис. 8).

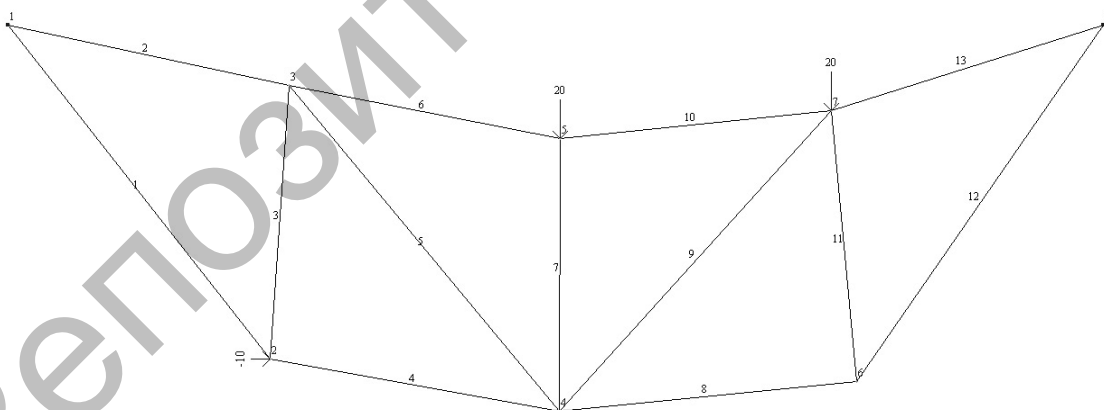





Рисунок 8. Расчетная схема с учетом перемещений узлов

Для отображения схемы без учета перемещений узлов используйте кнопку  на панели инструментов (Схема / Исходная схема).

Для одновременного отображения исходной и деформированной схем воспользуйтесь кнопкой  на панели инструментов (Схема / Исходная + деформированная).

Результатами статического расчёта схемы станут перемещения узлов схемы и напряжения (усилия) в сечениях элементов.

С помощью кнопки  панели инструментов вызовите в нижнюю часть экрана меню «Усилия (напряжения)» (рис. 9).

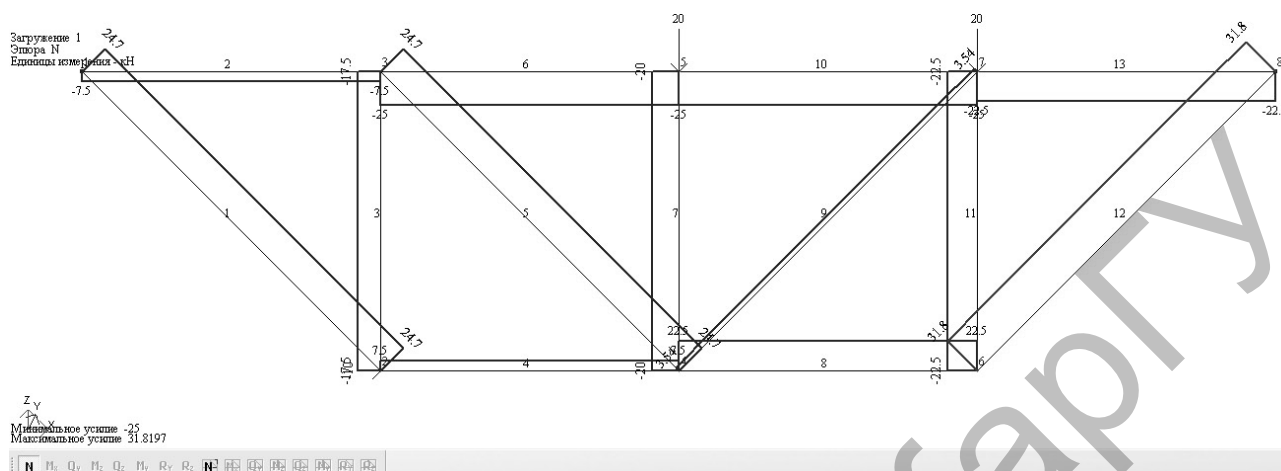




Рисунок 9. Эпюры продольных сил

В левом нижнем углу рабочей области показаны минимальное и максимальное значения усилий, а в левом верхнем углу — наименование эпюры и единицы измерения.

Для отображения величин усилий на эпюре нажмите кнопку  (Опции / Флаги рисования), выберите закладку «Результаты» и поставьте «птичку» в окошке «Значения на эпюрах». Щелкните по кнопке «Перерисовать» .

В результате на расчетной схеме показаны эпюры продольных сил (N) со значениями в характерных точках (рис. 9).

В таблице 1 представлены значения усилий по элементам.

Таблица 1

Значения усилий по элементам (стержни)

№ элемента	Усилия N (кН)	Тип элемента	№ загрузки
1	24.749	1	1
2	-7.500	1	1
3	-17.500	1	1
4	7.500	1	1
5	24.749	1	1
6	-25.000	1	1
7	-20.000	1	1
8	22.500	1	1
9	3.536	1	1
10	-25.000	1	1
11	-22.500	1	1
12	31.820	1	1
13	-22.500	1	1

Результаты аналитического, компьютерного [3] и рассчитанного с помощью программного комплекса ЛИРА полностью совпадают.

Важно отметить, что в современной технической литературе по расчету строительных конструкций все заметнее перевес в сторону шаблонных подходов программного моделирования в ущерб аналитическим методам. Это приводит к появлению специалистов, которые могут работать с программными комплексами, не имея фундаментальных знаний. Для специалиста очень важно понимание сте-

пени адекватности реальной конструкции принятой схемы, а не только получение результата по программе и безошибочность ввода исходных данных.

Учитывая последнее, можно отметить, что при таком сочетании ручного и компьютерного счета достигаются два положительных результата: во-первых, студент получает возможность самому проверить результаты своих ручных расчетов, что повышает его самостоятельность; во-вторых, он постепенно осваивает программный комплекс, который в дальнейшем будет ему необходим для решения других более сложных задач.

References

- 1 *Bogovis V.E., Genzersky Y.V. et al.* LIRA 9.4. Examples of calculation and design: Textbook. — Kiev: Publishing House «Fact», 2008. — 280 p.
- 2 *Rudak V.A., Belyaev N.V.* Calculation of building structures in the PC LIRA. Rama: Methodical instructions to implement the calculation of building structures for students of building specialties. — Omsk: Publishing House «SibADI», 2010. — 41 p.
- 3 *Krasnikova O.A., Samoiloa I.A.* Methodological guidelines for writing term papers on «The Calculation of plane trusses». — Karaganda: Multidisciplinary Printing «Style-Copy», 2009. — 34 p.

И.А.Самойлова

«Механика» мамандығының студенттерін оқыту барысында «ЛИРА» бағдарламалық кешенін қолдану

Мақала механика маманын дайындау кезінде оқу барысында қазіргі бағдарламалық кешендерді қолдануға, сондай-ақ курстық және дипломдық жобаларды жазғанда олардың өзектілігі мен маңыздылығына арналған. «ЛИРА» бағдарламалық кешенінің негізгі мүмкіндіктері сипатталған. «ЛИРА» БК көмегімен жазық ферманы есептеу мысалы толық қарастырылған, элементтер бойынша күштердің мәндері алынған және олар аналитикалық әдіспен салыстырылған.

I.A.Samoilova

Using the software package LIRA for teaching students of specialty «Mechanics»

Article is devoted to use of modern program complexes in educational process by preparation of specialists mechanics, their urgency and the importance when writing academic year and degree projects now. The main possibilities of a program complex Lira are described. The example of calculation of a flat farm by means of the software package Lira is in detail considered, values of efforts on elements are received, compared to analytical methods.