

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР / ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ /
TECHNICAL SCIENCES

DOI 10.54596/2958-0048-2024-3-142-149

УДК 624.011.1

МРНТИ 67.11.37

РАСЧЕТ И АНАЛИЗ РАБОТЫ КОНСОЛЬНО-БАЛОЧНОГО ДЕРЕВЯННОГО
ПРОГОНА В ПК ЛИРА-САПР

Полищук Н.Ю.^{1*}, Аубакирова Б.Б.^{1*}, Шапорева А.В.¹

^{1*} НАО «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева»
Петропавловск, Казахстан

*Автор для корреспонденции: aubakirova_68@mail.ru

Аннотация

В данной статье рассматриваются процессы моделирования, расчета и анализа консольно-балочного прогона, который является, с точки зрения механики, многопролетной статически определимой шарнирной балкой. Используются возможности функциональных модулей и высокопроизводительного процессора программного расчетно-аналитического комплекса ЛИРА-САПР. Поэтапно рассматриваются процессы ввода исходных данных, преобразования физической системы в математическую модель и анализ полученных результатов.

Ключевые слова: консольно-балочный прогон, многопролетная статически определимая балка, шарниры, эпюры усилий, ЛИРА-САПР, моделирование, расчетная схема.

ДК-де ЛИРА-АЖЖ БАҒДАРЛАМАСЫМЕН КОНСОЛЬ-АРҚАЛЫҚ
АҒАШЫНЫҢ ЖҰМЫСЫНА ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ ЖҮГІРУ

Полищук Н.Ю.¹, Аубакирова Б.Б.^{1*}, Шапорева А.В.¹

^{1*} «Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті» КеАҚ
Петропавл, Қазақстан

*Автор для корреспонденции: aubakirova_68@mail.ru

Аңдатпа

Бұл мақалада механика тұрғысынан консольді арқалықты модельдеу, есептеу және талдау процестері қарастырылады. Көп аралықты статикалық анық талатын топсалы арқалық. Функционалды модульдер мен ЛИРА-АЖЖ бағдарламалық-аналитикалық кешенінің өнімділігі жоғары процессорының мүмкіндіктері пайдаланылды. Бастапқы деректерді енгізу, физикалық жүйені математикалық модельге айналдыру және алынған нәтижелерді талдау процесі кезең-кезеңімен қарастырылады.

Кілт сөздер: консольді-арқалықты прогон, көп аралықты статикалық анықталатын арқалық, топсалар, күш сызбалары, ЛИРА-АЖЖ, модельдеу, есептеу схемасы.

CALCULATION AND ANALYSIS OF THE OPERATION OF A WOODEN BEAM RUN IN LIRA-SAPR PC

Policshuk N.U.¹, Aubakirova B.B.^{1*}, Shaporeva A.B.¹

^{1*}Manash Kozybayev North Kazakhstan University NPLC, Petropavlovsk, Kazakhstan

*Автор для корреспонденции: aubakirova_68@mail.ru

Аннотация

This article discusses the processes of modeling, calculation and analysis of a cantilever girder, which is, from the point of view of mechanics. The process of input of initial data, transformation of a physical system into a mathematical model and analysis of the obtained results are considered step by step.

Keywords: cantilever-beam progon, multi-span statically determined beam, hinges, force diagrams, LIRA-SAPR, modeling, calculation scheme.

Введение

Обучающиеся ОП 6В07301 «Строительство» последовательно осваивают строительные дисциплины. Это актуально, потому что на производстве перед инженером ставится задача правильного выбора расчетной схемы или математической модели конструктивного элемента, соответствующей физической системе, а также определения усилий, подбора сечений и анализа работы под нагрузкой.

Материалы и методы исследования

Деревянные строительные конструкции надежные, легкие и долговечные. Из цельных лесоматериалов строятся небольшие жилые дома и общественные здания. Повсеместно деревянные конструкции применяются в качестве несущих элементов стропильных систем чердачных скатных крыш при строительстве жилых зданий до пяти этажей. В данной статье рассматривается пример применения программного комплекса ЛИРА-САПР для расчета элемента стропильной системы – консольно-балочного прогона.

Консольные деревянные прогоны состоят из продольных рядов балок или бревен с противоположными стыками вне опор. Такие прогоны применяют в мансардных перекрытиях, где высота основных несущих частей конструкции составляет не более 4,5 м. Такой шаг допускает применение лесоматериалов стандартной длины, рисунок 1.

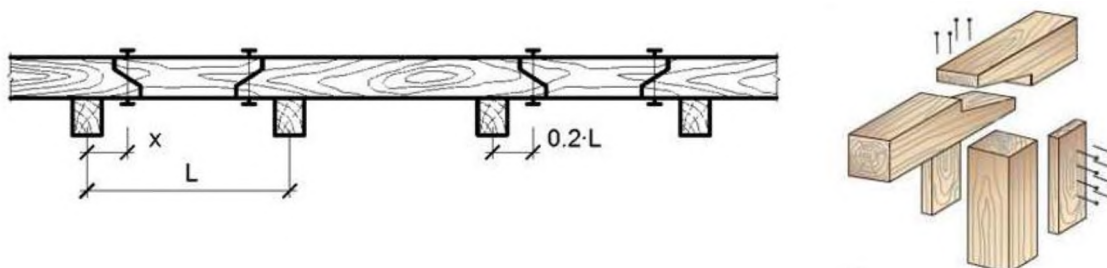


Рисунок 1. Конструктивная схема консольно-балочного прогона
и схема сращивания балок прогона косым прирубом

По словам инженера-механика Даркова А.В. «Расчет консольно-балочных прогонов производят по схеме многопролетной статически определимой балки. Многопролетная статически определимая или многопролетная шарнирная балка является неизменяемой системой, состоящей из ряда однопролетных балок,

соединенных между собой шарнирами. Однопролетные балки, которые составляют многопролетную статически определимую балку могут быть сплошными или сквозными (в виде ферм), также они могут комбинироваться из сплошных и сквозных систем. с технической точки зрения многопролетная статически определимая балка выгоднее, чем несколько самостоятельных однопролетных балок» [1, с.54].

Преимущества многопролетных шарнирных балок по сравнению с неразрезными балками:

- шарнирная балка включает в себя отдельные короткие элементы, удобные для массового заводского изготовления и механизированного монтажа;
- возможная осадка опор балки не влияет на статически определяемые усилия и деформации в ней.

Поэтому шарнирные многопролетные балки получили на практике в строительстве широкое распространение. Чудинов Ю.Н. рассматривает «получение шарнирной статически определимой балки из статически неопределимой неразрезной балки, путем включения в неё шарниров. Количество таких установленных шарниров зависит от степени статической неопределимости неразрезной балки (прогона). Правила установки шарниров для шарнирной балки или консольно-балочного прогона:

- в каждом пролете можно устанавливать не более двух шарниров;
- пролеты с двумя шарнирами должны чередоваться с пролетами без шарниров;
- пролеты с одним шарниром могут устанавливаться в каждом пролете, начиная со второго» [2, с.23].

Расчет консольно-балочного прогона или многопролетной статически определимой шарнирной балки в ПК ЛИРА-САПР

Расчет консольно-балочного прогона в ПК ЛИРА-САПР заключается в построении эпюр поперечных сил и изгибающих моментов, проверке несущей способности элементов прогона по двум группам предельных состояний в режиме Конструирования.

Заданная расчетная схема с размещением шарниров и нагрузок приведена на рисунке 2.

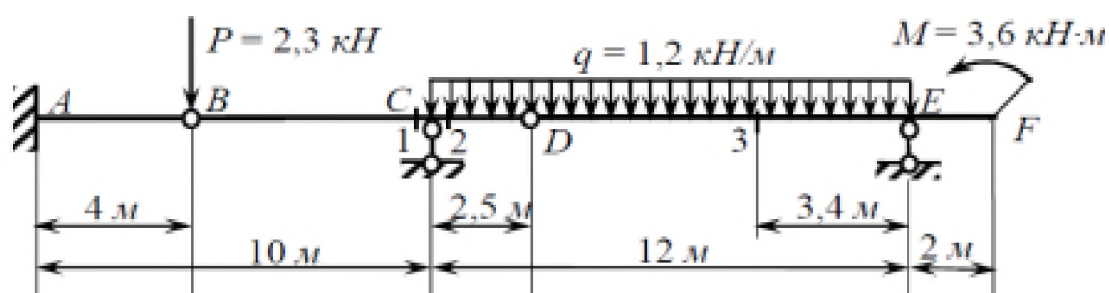


Рисунок 2. Заданная расчетная схема консольно-балочного прогона – многопролетной шарнирной балки

На первом этапе в ПК ЛИРА-САПР создается новый документ и выбирается второй признак схемы, рисунок 3.

На втором этапе формируется математическая модель рассчитываемого элемента (расчетная схема), то есть упрощенная схема конструкции, представленная в идеализированном виде. На рисунке 3 представлено диалоговое окно, в котором заданы параметры консольно-балочного прогона на основе прототипа плоской рамы (Команда – генерация плоских фрагментов и сетей) [3, с.28].

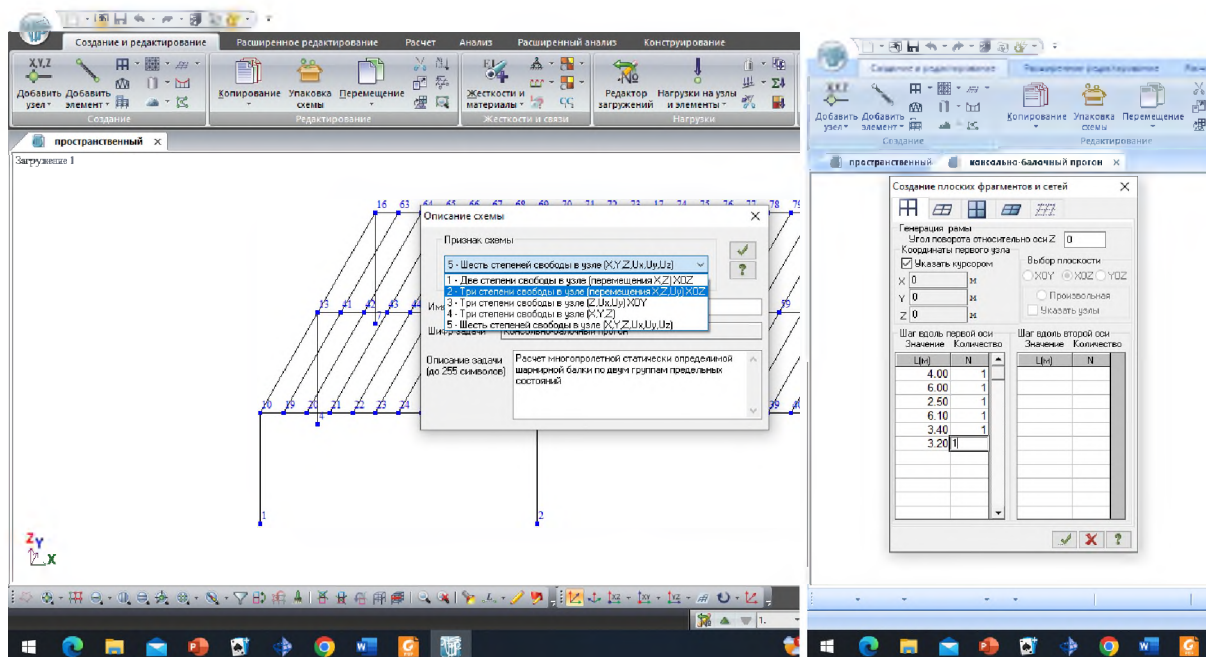


Рисунок 3. Создание нового проекта. Диалоговые окна: Задание признака схемы – типа конечного элемента. Задание параметров геометрической схемы

На рисунке 4 представлены диалоговые окна, где отображаются операции задания граничных условий рассчитываемой балки – это установка кинематических связей в узлы №3 и №5 математической модели. Номера узлов на схеме визуализируются с помощью диалогового окна Флаги рисования (Панель визуализации). Также отображены внешние активные силы – сосредоточенная сила P , приложенная к узлу №2, сосредоточенный момент, приложенный к узлу №6 и распределенная погонная нагрузка на элемент схемы, ограниченный узлами №3 и №5.

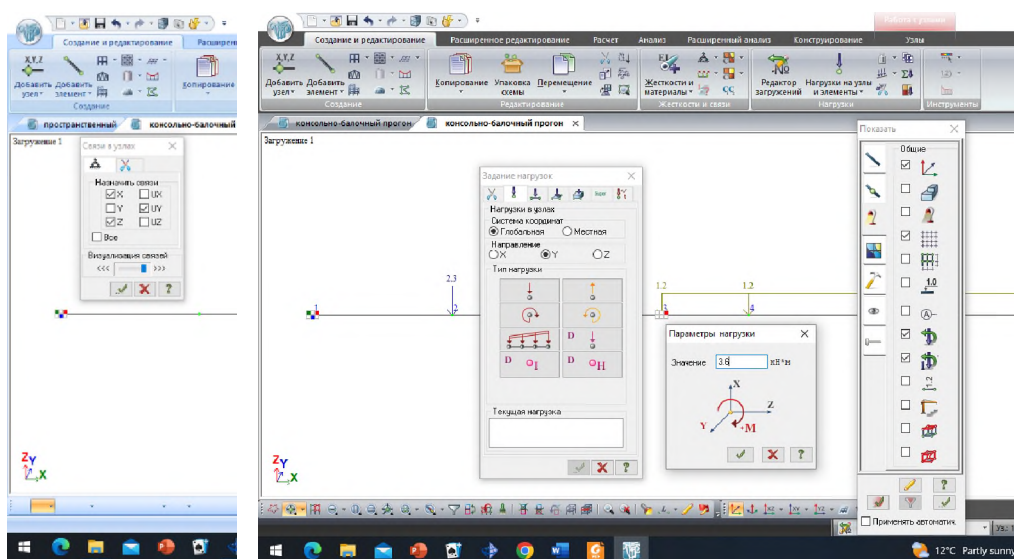


Рисунок 4. Диалоговые окна: задание кинематических связей в характерных узлах системы, Задание внешних активных нагрузок на элементы математической модели

Важным этапом создания математической модели системы является установка шарниров в соответствующие места схемы. При установке шарниров работа происходит с использованием Контекстной вкладки.

Рассматриваемая составная балка имеет два шарнира. Будем добавлять шарниры в правые узлы конечных элементов №1 и №3. Чтобы правильно сориентироваться, в расчетную схему добавим номера конечных элементов с помощью панели визуализации Флаги рисования. Шарнир всегда моделирует отсутствие сопротивления элемента при его повороте в локальной системе координат. Процесс задания шарниров отображен на рисунке 5.

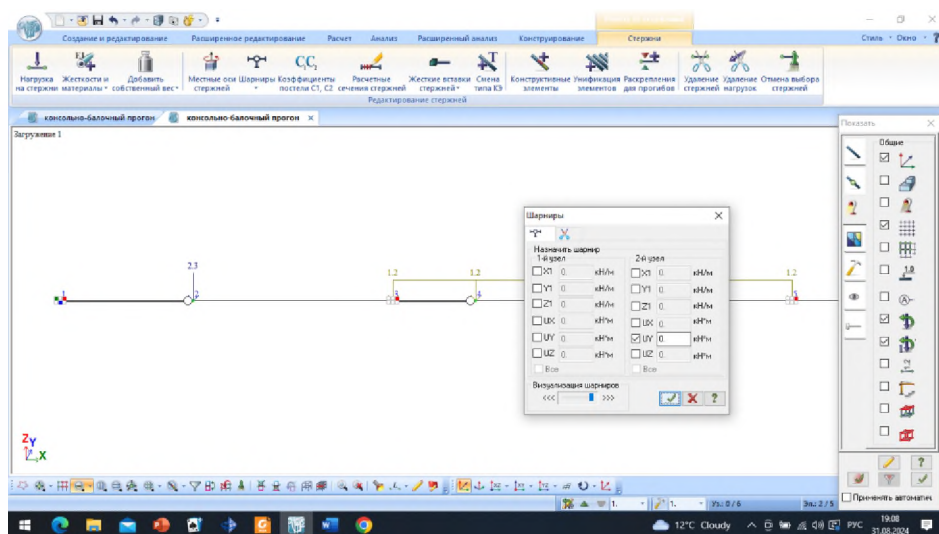


Рисунок 5. Режим контекстной вкладки для стержневых элементов.
 Установка шарниров в математической модели консольно-балочного прогона.

Важнейший этап – задание жесткостей элементам консольно-балочного прогона. В диалоговом окне Жесткости и материалы задаем стандартное прямоугольное сечение из древесины с размерами 0.125×0.15 м и модулем упругости $E = 1 \times 10^7$ кПа. Данная операция представлена на рисунке 6.

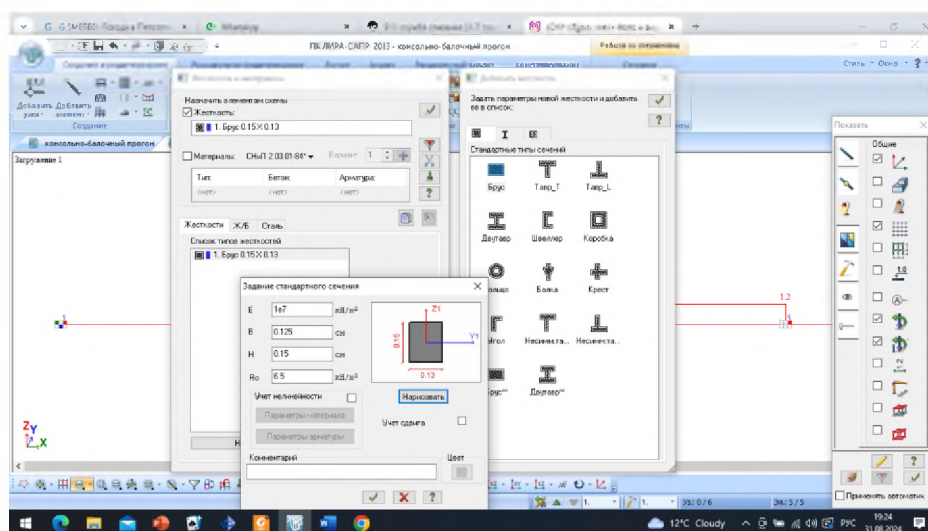


Рисунок 6. Диалоговое окно Жесткости и материалы.

Следующий этап работы с моделью – Выполнение расчета в соответствующем режиме программы. В результате проведенного расчета программа предоставляет протокол решения задачи. На рисунке 7 представлены диалоговые окна активизация расчетного процессора и диалоговое окно, содержащее Протокол решения задачи.

Проведенный статический расчет консольно-балочного прогона открывает возможность получить эпюры распределения внутренних усилий в элементах рамы и визуализировать их в режиме Анализа. См. рисунок 8.

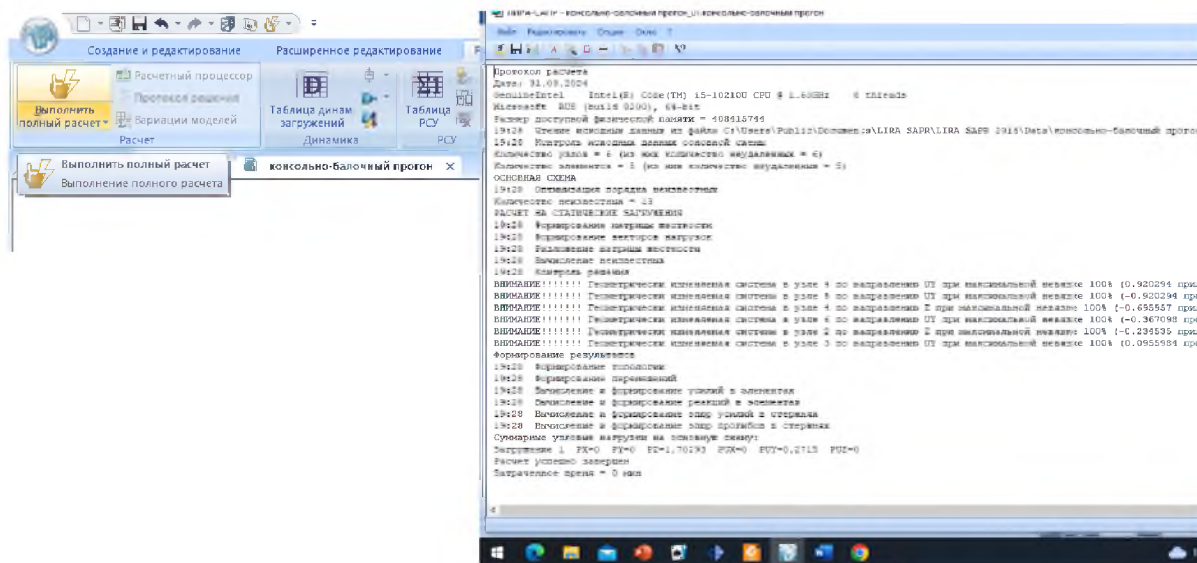


Рисунок 7. Диалоговые окна активизация расчетного процессора и диалоговое окно, содержащее Протокол решения задачи.

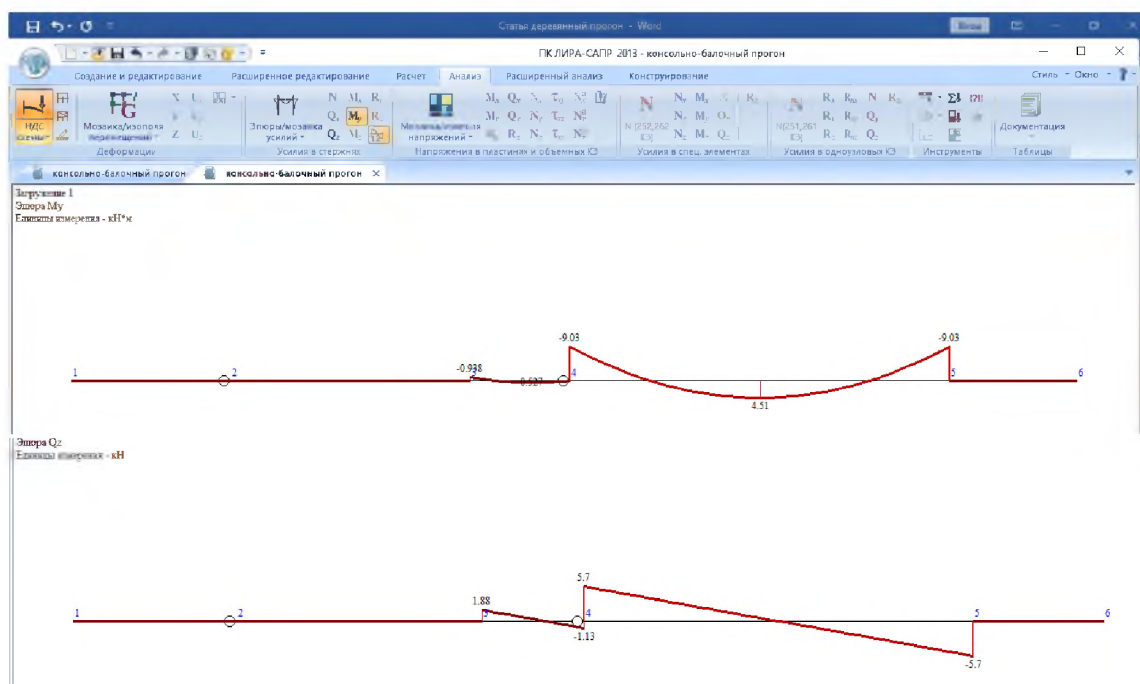


Рисунок 8. Режим Анализ: Эпюра Изгибающих моментов.
Эпюра Поперечных сил с оцифровкой ординат

В режиме Документатора можно получить Стандартные таблицы с величинами усилий в сечениях каждого элемента консольно-балочного прогона. Эти усилия используются для определения несущей способности консольно-балочного прогона по двум группам предельных состояний.

Результаты

В ПК ЛИРА-САПР разработан и реализован алгоритм расчета и создана математическая модель консольно-балочного прогона – многопролетной статически определимой шарнирной балки для несущих элементов чердачного перекрытия. Заданы все необходимые параметры и граничные условия.

Получены точные графики распределения изгибающих усилий поперечных сил в поперечных сечениях конструктивного элемента.

Получены данные для дальнейшего исследования конструктивного элемента (прогона).

Выводы и заключение

Таким образом, в результате исследования получены точные значения величин и характера распределения внутренних усилий для консольно-балочного прогона чердачного перекрытия здания средней этажности. Также, получен проверочный расчет для контроля аналитического решения задач традиционными методами.

Автоматизация создания, расчета и анализа математической модели заданной физической системы во много раз ускоряет процесс работы над проектом, делает расчеты более точными, избавляет инженера-проектировщика от рутинной работы.

Использование программного комплекса ЛИРА-САПР оптимизирует процесс проектирования строительных объектов.

Для обучающихся владение навыками работы с САПР-системами повышает их профессиональный уровень, делает более конкурентоспособными на современном рынке труда.

Литература:

1. Строительная механика. Изд. 7-е, перераб. и доп. Под редакцией А.В. Даркова. Учебник для вузов. - М.: «Выс. школа», 2001. – 600 с.
2. Чудинов Ю.Н. Задачи строительной механики с применением ПК ЛИРА-САПР. Статически определимые системы: учебное пособие / Ю.Н. Чудинов. – ФГБОУВО «КнАГУ», 2023. - 83 с.
3. Смирнов В.А. Строительная механика: учебник для бакалавров / В.А. Смирнов, А.С. Городецкий. - 2-е изд. перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2013. – 423 с. – текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт].
4. М.С. Барабаш. Программные комплексы САПФИР и ЛИРА-САПР – основа отечественных BIM-технологий: монография / М.С. Барабаш, Д.В. Медведенко, О.И. Палиенко – 2 изд. – М.: Юрайт, 2013 – 366 с. – серия: Магистр.

References:

1. Stroitel'naya mekhanika. Izd. 7-e, pererab. i dop. Pod redakciej A.V. Darkova. Uchebnik dlya vuzov. - M.: «Vys. shkola», 2001. – 600 s.
2. Chudinov Yu.N. Zadachi stroitel'noj mekhaniki s primeneniem PK LIRA-SAPR. Staticheski opredelime sistemy: uchebnoe posobie / Yu.N. Chudinov. – FGBOUVO «KnAGU», 2023. – 83 s.
3. Smirnov V.A. Stroitel'naya mekhanika: uchebnik dlya bakalavrov / V.A. Smirnov, A.S. Gorodeckij. - 2-e izd. pererab. i dop. – Moskva: Izdatel'stvoYurajt, 2013. – 423 s. – tekst: elektronnyj // Obrazovatel'naya platforma Yurajt [sajt].
4. M.S. Barabash. Programmnnye komplekсы SAPFIR i LIRA-SAPR – osnova otechestvennyh BIM-tehnologij: monografiya / M.S. Barabash, D.V. Medvedenko, O.I. Palienko – 2 izd. – M.: Yurajt, 2013. – 366 s. – seriya: Magistr.

Information about the authors:

Polishchuk N.Yu. – Senior lecturer, «Building and design» chair, Kozybayev University, Petropavlovsk, Kazakhstan; e-mail: policshuknatalya@mail.ru;

Aubakirova B.B. – Corresponding author, Senior lecturer, «Building and design» chair, master, academician of the international academy of informatization, Kozybayev University, Petropavlovsk, Kazakhstan; e-mail: aubakirova_68@mail.ru;

Shaporeva A.V. – Head of the Department of «Building and design», senior lecturer, PhD, academician of the international academy of informatization, Kozybayev University, Petropavlovsk, Kazakhstan; e-mail: ashaporeva@ku.edu.kz.