

УДК 378.14

DOI 10.54835/18102883_2024_36_10

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ «СТРОИТЕЛЬСТВО»

Шагисултанова Юлия Николаевна,

старший преподаватель кафедры строительной механики
Строительного института Тюменского индустриального университета,
julia.shagisultanova@gmail.com

Чепур Пётр Владимирович,

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой строительной механики
Строительного института Тюменского индустриального университета,
chepur_p_v@mail.ru

Тюменский индустриальный университет,
Россия, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38

Цель работы состоит в демонстрации широкой аудитории опыта ведения проектно-ориентированного обучения студентов направления «Строительство» на примере решения задачи расчета стропильной фермы, служащей перекрытием промышленного здания с небольшим уклоном кровли для направленности обучения промышленного и гражданского строительства, а также автодорожников. Рассмотрены все этапы работы с проектом (инициация, командообразование, аналитические расчеты, численные расчеты, моделирование, конструирование, испытания, публичная защита). Показано использование аналитического и графического методов для формирования расчетных схем ферм. Для верификации полученных результатов применяется численный метод с реализацией в программном комплексе Lira Soft, что позволяет провести оценку расчетных результатов с компьютерной визуализацией. Проект завершается публичной защитой и натурным экспериментом на выполненной мелкомасштабной модели. Испытания мелкомасштабных моделей ферм позволяют качественно оценить принятую на начальном этапе расчетную схему в сравнении с работами (конструкциями ферм) других команд. Описаны полученные результаты и представлены итоги работы. Реализация проекта «МЕХАНИКА+» позволила укрепить связь дисциплин, предшествующих данному курсу. В ходе работ студенты использовали компетенции дисциплин «Теоретическая механика», «Соппротивление материалов», «Начертательная геометрия» и «Компьютерная графика». Решён вопрос о формировании специального вида знаний, рассчитанных на недостаточную изначальную инженерно-техническую подготовку студентов на этапе обучения, предшествующем изучению курса «Строительная механика». Результаты работы являются основополагающими для последующего цикла, рассматривающего и описывающего отдельные механизмы методов строительной механики.

Ключевые слова: проектно-ориентированный подход, проектная деятельность, фермы, расчет фермы, инженерно-техническое образование, ферма из макарон, Lira, Lira Soft, командная работа, диаграмма Максвелла–Кремоны

Введение

Обучающиеся системы высшего образования по направлению «Строительство» испытывают трудности в применении на практике навыков, получаемых в рамках теоретических курсов [1].

Зачастую студенты приобретают ощущение в ненужности значительного объема получаемой информации и, следовательно, теряют мотивацию в освоении различных инженерных дисциплин [2]. Поэтому необходимо разрабатывать новые подходы, позволяющие формировать запрос у студентов на получение теоретических знаний для решения реальных задач в рамках дальнейшей проектной деятельности [3].

В Тюменском индустриальном университете разрабатывается и интенсивно внедряется проектно-ориентированный подход к обучению. Все потенциальные проекты перед реализацией проходят конкурсный отбор, специальной экспертной комиссией отбираются наиболее полезные и интересные. В зимнем семестре 2023–2024 учебного года кафедрой строительной механики проводился такой курс, получивший название «МЕХАНИКА+» для студентов III семестра обучения направления «Строительство».

Курс, проводившийся в рамках дисциплины «Проектная деятельность», посвящен расчету фермовых конструкций различного назначения: стропильные и мостовые, в зависимости

от направления обучения студентов (гражданское или автомобильное строительство). Обучение проводилось с глубоким погружением в тему, студенты изучали не только теоретическую базу, но и на практике рассчитывали типовую схему плоской фермы, причем выбирали её сами из перечня предложенных преподавателями или придумывали новые уникальные конструкции. Затем следовали этапы расчета принятых конструкций известными аналитическими, графическими и численными методами [4–7]. Использование различных методов расчета стержневых конструкций положительно отражается на усвоении знаний обучающимися, поскольку они получают возможность сравнить полученные результаты и при обнаружении расхождений результатов усилий, возникающих в стержнях, ликвидировать ошибки, полученные при использовании соответствующего метода.

Численный метод с использованием программного комплекса Lira Soft позволяет подготовить и рассчитать модель не только реальной фермы из металлоконструкции, но и мелкомасштабную копию из макарон. В программе представлены инструменты для работы с различными материалами, поэтому студенты в своих расчетах смогли использовать не только профили из труб в соответствии с сортаментом сталей для реальной фермы, но и назначить свойства и параметры для расчета макаронной мелкомасштабной конструкции.

Работа с мелкомасштабным макетом фермы из макарон позволяет на практике проверить правильность выполненных расчетов. Обучающиеся на завершающем этапе проекта должны создать полностью соответствующий реальной ферме макет в масштабе 1:30 и принять участие в конкурсном испытании на грузоподъемность. Все группы на единой конференции, проводимой в рамках данного проекта, участвовали в презентации своих проектов, представляли конструкции полученных ферм членам жюри и проводили испытание собранных моделей на грузоподъемность. Авторитетная комиссия из преподавателей и ведущих специалистов оценивала проекты студенческих команд в соответствии с перечнем критериев, наиболее значимыми из которых являлись материалоёмкость и грузоподъемность конструкций. Лучшие команды были награждены дипломами и ценными наградами.

По завершении семестра в рамках обратной связи студентам была предложена Ян-

декс-форма для оценки всего курса в полном объеме. Были отмечены пожелания для его дальнейшего улучшения, указаны замечания по данному проекту.

Основная часть

Прежде чем обучающиеся получают задачу самостоятельно начать выполнение проекта: «Расчет ферм от проектирования, макета до реализации его в модели», необходимо было выдать минимальную теоретическую базу. Поэтому несколько учебных пар было выделено преподавателями на рассмотрение имеющегося теоретического материала по данной тематике.

Рассмотрим последовательно, каким образом была поставлена система обучения студентов. Вначале курса давалась вводная теоретическая часть, в которой демонстрировались фотографии реальных мостовых и стропильных ферм. На их основе выдавался весь материал.

На снимке приводим мостовую ферму (рис. 1).



Рис. 1. Мостовая ферма

Fig. 1. Bridge truss

Покажем её видимую часть вместе с приложенной к нижним панелям нагрузкой (рис. 2).

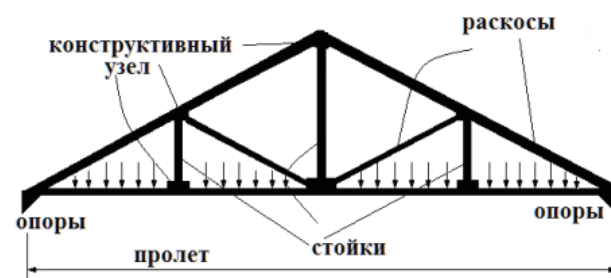


Рис. 2. Визуальная схема мостовой фермы

Fig. 2. Visual diagram of the bridge truss

У части элементов данной фермы приводятся принятые в литературе названия, чтобы в дальнейшем работать в рамках отраслевой терминологии. Значимым этапом является построение расчетной схемы (упрощенного изображение данной конструкции). При составлении расчетной схемы (рис. 3) необходимо распределенную нагрузку, приложенную снизу фермы, привести к сосредоточенной в узлах. Фактически равнодействующую в каждом стержне нагрузку перераспределяем только в узлы фермы. При данном объяснении необходимо опираться на ранее изученные материалы по дисциплине: «Теоретическая механика» с акцентом на возможности внесения упрощений в расчете.

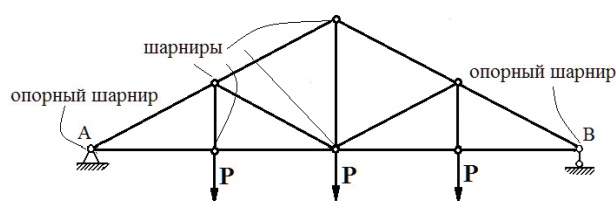


Рис. 3. Расчетная схема мостовой фермы

Fig. 3. Calculation diagram of a bridge truss

Из курса «Сопротивление материалов» следует, что при таком виде нагружения получаем вид деформации, при котором возникает только одно продольное усилие, и оно называется осевое растяжение–сжатие. При в этом стержнях самой фермы будет только одно нормальное напряжение, а касательное отсутствует. Далее необходимо осуществить переход от реальной пространственной конструкции к плоской. Для этого необходимо выполнить описание названий отдельных частей и элементов расчетной схемы (рис. 4).

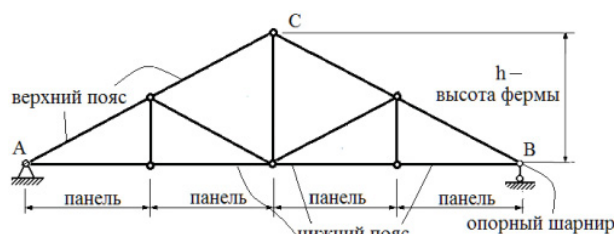


Рис. 4. Элементы мостовой фермы

Fig. 4. Bridge truss elements

Для того чтобы студенческие команды определились с выбором типа фермы, с которой им предстоит работать в течение всего курса, необходимо рассмотреть принятую в научной литературе классификацию ферм.

Классификация самих ферм проводится, как правило, по пяти основным признакам:

- 1) назначению;
- 2) характеру очертания внешнего контура;
- 3) типу решетки (внутреннему расположению раскосов и стоек);
- 4) типу опирания фермы;
- 5) уровню езды для мостовых ферм.

При расшифровке классификации для лучшего восприятия по каждому из пунктов предлагаем рассмотреть схемы и фотографии реальных конструкций. Например, чтобы показать, как работают фермы по назначению, приводим фотографии различных объектов (рис. 5).



Рис. 5. Каркас промышленного здания

Fig. 5. Industrial building frame

По очертаниям внешнего контура, по типу решетки и способу опирания демонстрируются только расчетные схемы. Например, полигональная (рис. 6).

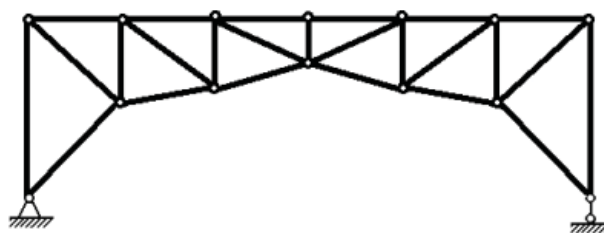


Рис. 6. Схема полигональной фермы

Fig. 6. Diagram of a polygonal truss

По уровню езды для мостовых ферм приводим фотографии (например, двухуровневая ферма на рис. 7).

После рассмотрения классификации ферм дополнительно разбираются следующие вопросы: Какие фермы можно достаточно просто рассчитать вручную? Какими свойствами

они должны обладать? Поднимаются проблемы и особенности кинематического и структурного анализа данных конструкций.



Рис. 7. Фотография двухуровневой фермы
Fig. 7. Photograph of a two-level truss

Непосредственное использование классической методики курса «Строительная механика» для кинематического анализа невозможно, т. к. на данном этапе указанная дисциплины еще не изучалась студентами, поэтому возникает необходимость объяснять материал, не касаясь введения понятий «диски» и «кратные шарниры», и использовать только те термины, которые были введены ранее. Например, приводим формулу Чебышева, которая касается только расчета ферм. Она позволяет определить возможность расчета фермы только методами статики, которые изучались в курсе «Теоретическая механика»:

$$W = 2xY - C - C_0,$$

где W – число степеней свободы, количество независимых геометрических параметров, определяющих положение конструкции в пространстве (это понятие из раздела динамики курса «Теоретическая механика»); Y – количество узлов фермы (узел – это место скрепления стержней между собой), что было дано ранее; C – число внутренних стержней фермы (стоек и раскосов); C_0 – количество опорных стержней (шарнирно-подвижная опора имеет один стержень, шарнирно-неподвижная – два).

На данном этапе существует возможность рассчитать только те фермы, где $W=0$. Если $W>0$, то это механизм и конструкция такого типа не пригодны для строительства. А если $W<0$, то такого типа фермы рассчитываются специальными методиками, которые будут изучаться в курсе «Строительная механика» или рассчитываться с применением численных методов на дисциплинах старших курсов.

Далее рассматривается раздел о структурной правильности построения фермы, даются пояснения, что в основе каждого элемента конструкции должен быть треугольник, создающий жесткую основу, не позволяющую смещаться отдельным элементам без деформации стержней.

Существует три основных метода расчета ферм:

1. Аналитический:

- расчленением (или сечением) на две части, при этом условие равновесия может применяться для любой из частей (как правило, ведут расчёт более простой части);
- вырезанием одного или нескольких узлов.

2. Графический, с помощью диаграммы Максвелла–Кремоны, которая строится сначала вручную, затем в программе nanoCAD.

3. Численный, с помощью специальных программ, применяемых в проектных институтах (например, Lira Soft).

Далее касаемся каждого приведённого метода, рассмотрим его особенности, достоинства, недостатки и целесообразность использования. После этого переходим к непосредственному рассмотрению конкретных примеров.

При работе со студентами необходимо также дать пояснения, каким образом осуществляется переход от распределенной нагрузки к узловой в зависимости от предполагаемого использования фермы. Для расчета стропильной треугольной фермы – на вертикальную и горизонтальную ветровую нагрузку по верхнему поясу, а для расчета мостовой полигональной фермы – только на вертикальную нагрузку по верхнему и (или) нижнему поясу. Сначала для обеих ферм рассматривается два метода расчета: аналитический, где усилия находятся с помощью уравнений моментов и проекций на оси. Затем графический с помощью диаграммы Максвелла–Кремоны. При этом нумерация усилий, возникающих в каждом стержне, выполняется в соответствии с методикой построения диаграммы. В аналитическом – по узлам с указанием арабских цифр, а в графическом – по полям между усилиями: внутренние стержни – только цифрами, стержни верхнего и нижнего поясов – цифрой и буквой. А поля между внешними усилиями – только буквами.

При графическом методе саму ферму необходимо построить в масштабе длин, со-

ответствующих ее габаритным размерам. О способе получения каждой точки на диаграмме даются подробные указания, также выдается материал по определению характера нагружения стержней: сжат каждый стержень или растянут, а также что именно необходимо измерять, чтобы получить фактическую величину внутреннего усилия. Затем рассчитываются величины усилий, полученные результаты сравниваются с ранее найденными аналитическим способом. При обнаружении значительных расхождений необходимо провести проверку обоих способов и найти ошибку. Если результаты совпадают до десятых, то считаем их удовлетворительными. Фактически эти методы дополняют друг друга, а сравнение итоговых результатов позволяет найти возможные ошибки в расчетах.

После освоения студентами аналитического и графического методов для более сложной задачи (полигональной фермы) выполняется расчет фермы с помощью графического редактора nanoCAD. Данный программный продукт студенты изучают ранее в дисциплине «Компьютерная графика» согласно учебным планам. Преимущество работы в программном комплексе nanoCAD состоит в более точном изображении самой фермы и диаграммы Максвелла–Кремоны, что позволяет значительно снизить погрешность в сравнении с построениями на миллиметровой бумаге.

Результаты, полученные с помощью диаграммы в ПК nanoCAD, как правило, идеально совпадают с расчетами, проведенными аналитически. Обращаем внимание студентов, что если нагрузка меняется, а габаритные размеры фермы сохраняются, то нет необходимости перестраивать диаграмму, она остается такой же, но изменяется масштаб пересчета внутренних усилий. Это может быть связано со сменой материала покрытия стропильной крыши или с изменением расстояния между плоскими фермами, на которые уложено верхнее перекрытие. Схема рассчитываемого примера диаграммы приведена на рис. 8.

Приведенная на практических занятиях информация дублируется преподавателями в виде презентаций в системе поддержки учебного процесса EDUCON 2.0. В системе также размещаются ссылки на [8–10], инженерные калькуляторы, а для студентов, которые лучше воспринимают информацию визуально, предлагается авторский Ютуб канал Ю. Н. Шаги-султановой (одного из авторов данной статьи).

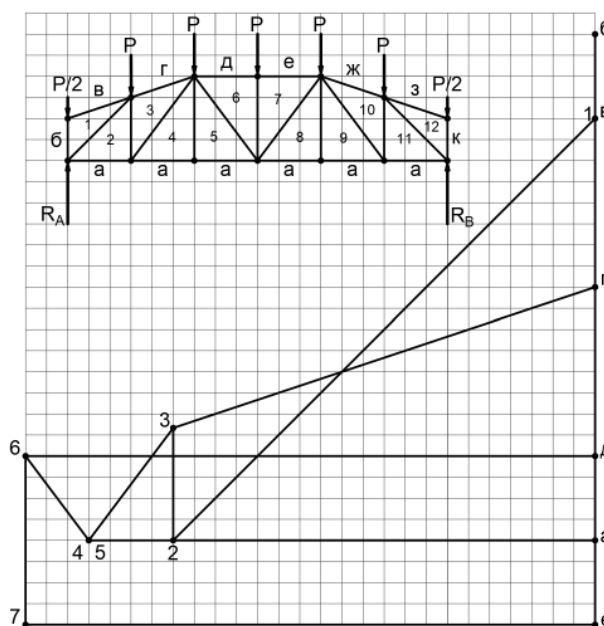


Рис. 8. Диаграмма Максвелла–Кремоны, выполненная в ПК nanoCAD

Fig. 8. Maxwell–Cremona diagram developed using nanoCAD PC

После выполнения расчетов аналитическим и графическим методами предлагается проведение численного расчета с разработкой моделей в ПК Lira Soft. Для создания расчетной схемы в ПК Lira Soft необходимо предварительно подготовить стержневую модель в среде AutoCad или nanoCad для последующего экспорта. Схема для экспорта должна состоять из отдельных отрезков (длина в миллиметрах), примыкающих друг к другу в одной точке без зазоров. В программе Lira Soft необходимо: определить тип задачи, выбрать материал из базы данных, задать геометрические размеры профиля стержней фермы, построить типы конечных элементов, проверить корректность работы узлов и связей. Далее выполняются расчетные операции: добавляется вид нагружения (статическое), зона приложения и направление, запускается расчет. После завершения расчета выполняется анализ результатов.

При сравнении результатов расчетов аналитическим, графическим и численным методами корректной считается погрешность не более 3 %, о чем сообщается студентам заранее в техническом задании. На рис. 9 представлен расчет фермы в ПК Lira Soft на этапе «Назначение сечений для стержней».

Согласно выдаваемому техническому заданию, по окончании изучения теоретических материалов студентам ставится задача создать

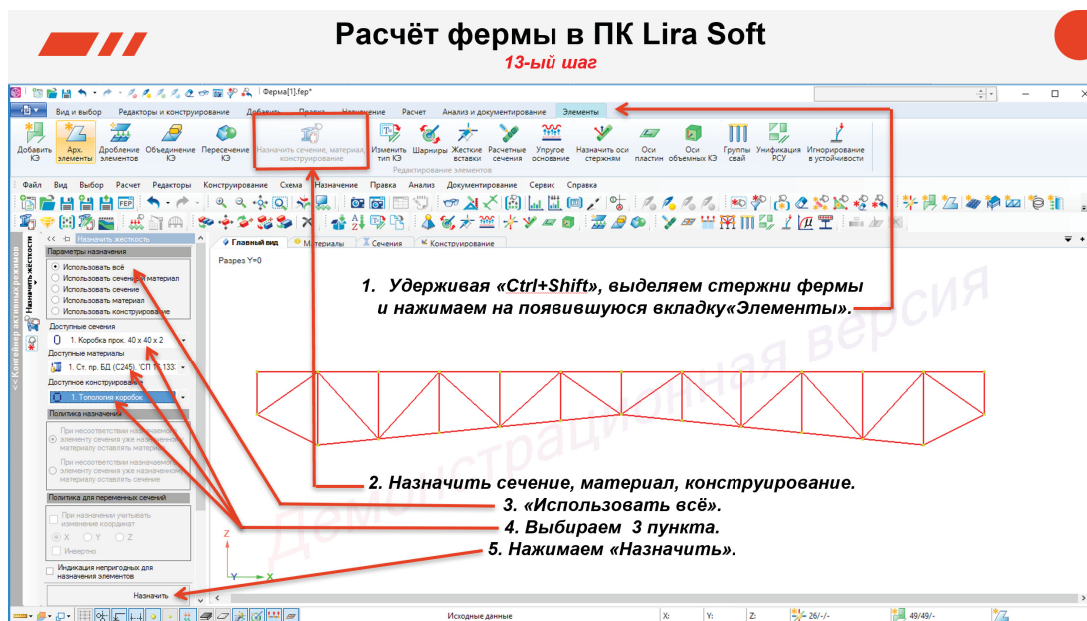


Рис. 9. Расчёт фермы в ПК Lira Soft
Fig. 9. Farm calculation in Lira Soft

собственную ферму на основе имеющихся примеров или использовать предложенные типовые фермы для расчетов, моделирования и конструирования мелкомасштабного макета из макарон. Для командной работы студенты объединяются в группы [11] по 5–6 человек и приступают к выполнению поставленной задачи. Каждая команда выбирает капитана, определяются роли членов команды в проекте для получения наилучшего результата совместными усилиями.

В техническом задании длина пролета фермы одина для команд и составляет 30 м. Такое значение принято для удобства при последую-

шем моделировании и конструировании макета из макарон. С учетом масштаба 1:30 величина пролета макаронной фермы составляет 1 м. Такое значение необходимо для проведения конкурсного испытания с едиными для всех начальными условиями (рис. 10).

В соответствии с изображенным макетом, для каждого стержня рассчитывается необходимое количество макарон в пучке. Схема макета с указанным количеством макарон в масштабе 1:30 изображается на бумаге, сборка конструкции осуществляется с помощью выполненной схемы (рис. 11).

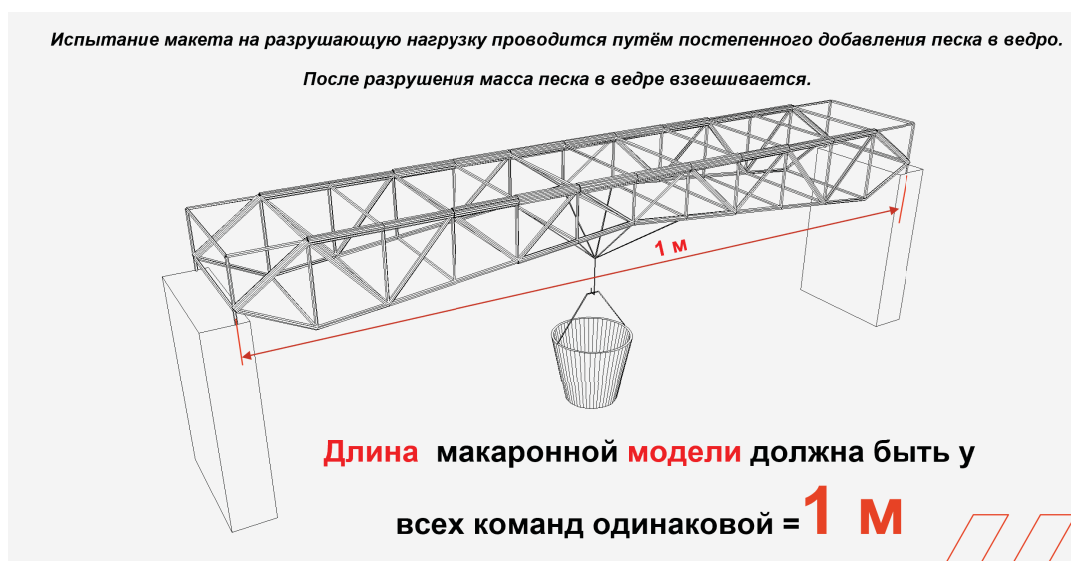


Рис. 10. Схема проведения конкурсного испытания
Fig. 10. Scheme of the competitive test

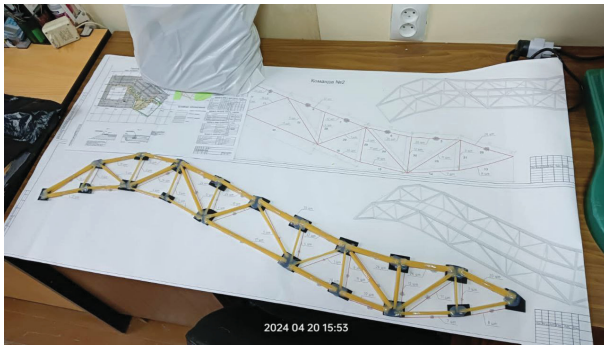


Рис. 11. Схема для сборки макета и изготовленная ферма из макарон

Fig. 11. Diagram for assembling the model and the made macaroni truss

В течение нескольких занятий студенческие команды осуществляют сборку макетов, как правило, за несколько этапов. Материалы, инструменты и изготовленные конструкции команды имеют возможность хранить в помещениях кафедры строительной механики.

Для проведения конкурсного испытания все подгруппы были в изначально равных условиях: в техническом задании выдавалась единая длина пролёта $L_{\text{мет}} = 30$ м для металлоконструкции, $L_{\text{мак}} = 1$ м для фермы из макарон, а также одинаковые начальные нагрузки на погонный метр согласно нормативным требованиям. Также была стандартизирована марка и диаметр макаронных изделий ($d=2$ мм, $L=260$ мм). В качестве крепления стержней в макетах, так же как в реальных фермах, были предложены косынки (рис. 12). Они изготавливались из пластиковых пластинок, а сами стержни крепились к ним с помощью термоклея.



Рис. 12. Узлы фермы (мелкомасштабной и реальной)

Fig. 12. Nodes of the truss (small-scale and real)

Завершающим элементом данного проекта является оформление презентации и подготовка докладов с результатами проделанной работы [12–17].

В рамках финального конкурса свои работы представляли все подгруппы потока (четыре академические группы), которые участвовали в данном проекте. Всего к защите было допущено 18 команд. Каждая команда в течение 10 минут представляла результаты расчетов всеми описанными в статье методами, а также демонстрировала и подготавливала к испытаниям на грузоподъемность мелкомасштабную конструкцию фермы из макарон. Эксперты из числа преподавателей и промышленных партнеров оценивали проекты команд согласно разработанным критериям [18]: качество презентации и доклада, полнота и правильность расчетов, уровень детализации и качество компьютерной модели, материалоемкость конструкций. Наиболее значимым критерием являлась грузоподъемность фермы. Каждая ферма испытывалась на грузоподъемность (рис. 13) сосредоточенной нарастающей нагрузкой, причем нагружение завершалось в двух случаях: при потере устойчивости либо при разрушении фермы.

В результате испытаний минимальная масса груза, которую смог выдержать макет из макарон, оказалась чуть менее килограмма, максимальная – почти 7 кг. Само конкурсное испытание вызвало большой интерес не только у студентов, но и в среде преподавателей, администрации и промышленных партнеров.



Рис. 13. Испытание фермы на грузоподъемность
Fig. 13. Load capacity test of the truss

В дальнейшем планируется проводить обучение студентов уже в течение двух семестров, что позволит рассмотреть конструкции более сложных ферм, так называемых полигональных. Также планируется включить в курс расчет ферм на подвижную нагрузку (построение линий влияния и расчет по ним) и статически неопределимых ферм на стационарную нагрузку, что очень важно для студентов – будущих сотрудников компании АО «Мостострой-11» [19].

Навыки и компетенции, полученные обучающимися в рамках разработанного авторами проекта, могут быть использованы при прохождении практик и стажировок на площадках промышленных партнёров. Освоившие

курс студенты смогут произвести расчет конструкции фермы реального сооружения одним из трёх представленных методов с учётом всех требований нормативно-технической документации РФ.

Вклад авторов данной статьи в развитие методов преподавания дисциплин по направлению «Строительство» позволяет распространить и масштабировать опыт для реализации подобных проектов в других университетах страны, а также стран ближнего и дальнего зарубежья [20].

В заключение необходимо отметить, что проект «МЕХАНИКА+» был оценён студентами как самый полезный для себя и самый интересный из всех ранее пройденных (до этого у них уже было два проекта на других кафедрах). Это подтверждает правильность выбранной стратегии развития кафедры строительной механики в части внедрения практико-ориентированных курсов в рамках обучения по специальностям направления «Строительство».

Результаты статьи получены при участии и поддержке коллектива кафедры строительной механики Строительного института Тюменского индустриального университета. Авторы статьи выражают благодарность всем сотрудникам кафедры, принявшим участие в реализации проекта «МЕХАНИКА+». Также выражаем благодарность анонимным рецензентам за рекомендации, позволившие улучшить качество публикации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Переосмысление инженерного образования. Подход CDIO / Э.Ф. Кроули, Й. Мамквист, С. Остлунд и др. / пер. с англ. С. Рыбушкиной / под науч. ред. А. Чучалина. – М.: ИД Высшей школы экономики, 2015. – 504 с.
2. Дубровская Е.Н., Чуланова О.А., Куприянова Е.В. Мотивация преподавателей-наставников и студентов в проектной деятельности (на примере проекта «сквозные компетенции проектной деятельности» Сургут) // Материалы Ивановских чтений. – 2020. – № S4 (31). – С. 91–97. EDN SEKUBF.
3. Громова А.И., Павловский П.В. Понятие, сущность и роль студенческой проектной деятельности и место проектного офиса в структуре ее управления // Вестник университета. – 2023. – № 10. – С. 40–46. DOI: <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2023-10-40-46>. EDN PEALVR.
4. Сайтханов А.А. Оптимизация веса статически определимой фермы в среде MATLAB // Инновационные научные исследования. – 2021. – № 6-2 (8). – С. 223–230. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5529041>
5. Оборотова Ю.В. Необходимость оптимизации решетки стальных ферм // Фундаментальные основы развития науки и образования в современном мире: сборник научных трудов. – Миасс: АНИГО, 2023. – С. 323–326.
6. Зинькова В.А., Сабитов Л.С. Оптимизация структуры трубчатых ферм // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2022. – № 5. – С. 22–29. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=putzsp> (дата обращения: 24.05.2024).
7. Кирсанов М.Н., Воробьев О.В. Аналитический расчет деформаций и кинематический анализ плоской фермы с произвольным числом панелей // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2021. – № 3 (63). – С. 113–122. DOI: 10.36622/VSTU.2021.63.3.011

8. Бурмистрова Е.В., Мануйлова Л.М. Методы организации исследовательской и проектной деятельности обучающихся. – М.: Изд-во «Юрайт», 2024. – 115 с. URL: <https://urait.ru/bcode/544679> (дата обращения: 24.05.2024).
9. Исаева А.П., Плотникова Л.В., Фомина Н.И. Методология проектной деятельности инженера-конструктора. – М.: Изд-во «Юрайт», 2024. – 211 с. URL: <https://urait.ru/bcode/539696> (дата обращения: 24.05.2024).
10. Терюшкова Ю.Ю. Особенности организации проектно-исследовательской деятельности в современном вузе // Приоритетные направления развития высшего образования в Российской Федерации: коллективная монография / А.Ю. Нагорнова, В.М. Москалюк, Т.С. Троицкая и др. – Ульяновск: Изд-во «Зебра», 2023. – С. 97–106.
11. Никитина А.А. Использование проектной деятельности как метода обучения студентов вуза // Информационные и педагогические технологии в современном образовательном учреждении: материалы X Всероссийской научно-практической конференции / отв. ред. Ю. В. Грибкова. – Череповец, 5 апреля 2019. – Череповец: Череповецкий государственный университет, 2019. – С. 216–218.
12. Миляева А.К., Мысин О.И., Ваганова О.И. Проектно-исследовательская деятельность в образовательном процессе вуза // Проблемы современного педагогического образования. – 2023. – № 81-1. – С. 92–95.
13. Рахманова Ю.К., Каргапольцева С.И. Проектная деятельность в техническом вузе // Молодой ученый. – 2016. – № 11 (115). – С. 1527–1531.
14. Рожнева Е.М. Проектная и научно-исследовательская деятельность в профессиональной подготовке студентов технического вуза // Лингводидактика и методика преподавания иностранных языков в контексте межкультурного взаимодействия: сборник научных статей XXXV Международной научно-практической конференции, посвященной 200-летию со дня рождения К.Д. Ушинского. – Чебоксары, 19–20 октября 2023. – Чебоксары: Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева, 2023. – С. 79–83.
15. Стародворцева Н.П., Куликова М.Г., Маслова К.С. Проектная деятельность студентов технического вуза как пример успешной молодежной практики. // Энергетика, информатика, инновации–2019: сборник трудов IX Международной научно-технической конференции. В 2-х т. – Смоленск: Универсум, 2019. – Т. 2. – С. 355–358.
16. Тарасова А.В. Проектная деятельность как инструмент совершенствования навыков научно-исследовательской деятельности студентов в вузе // Проектирование. Опыт. Результат. – 2024. – № 1. – С. 89–94.
17. Тарасова Е.Н., Хацринова О.Ю. К вопросу организации проектно-исследовательской деятельности студентов в инженерном вузе // Управление устойчивым развитием. – 2021. – № 1(32). – С. 109–115.
18. Цирульников Е.А. Особенности организации проектной деятельности в процессе профессиональной подготовки студентов педагогического вуза // Ученые записки Орловского государственного университета. – 2021. – № 4 (93). – С. 293–295.
19. Зенкина С.В., Герасимова Е. К., Панкратова О. П. Сетевая проектно-исследовательская деятельность обучающихся. – М.: Изд-во «Юрайт», 2024. – 152 с. URL: <https://urait.ru/bcode/543580> (дата обращения: 24.05.2024).
20. Тюлю Г.М., Старшинов В.Н. Проектная деятельность как условие интеграции научно-исследовательской и учебной деятельности студентов в образовательном процессе вуза // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. – 2016. – Т. 22. – № 2. – С. 172–175.

Поступила: 24.06.2024

Принята: 20.12.2024

UDC 378.14

DOI 10.54835/18102883_2024_36_10

FEATURES OF PROJECT-ORIENTED TRAINING FOR CONSTRUCTION STUDENTS

Yulia N. Shagisultanova,

Senior Lecturer,

julia.shagisultanova@gmail.com

Petr V. Chepur,

Cand. Sc., Associate Professor, Head of the Department of Structural Mechanics,

chepur_p_v@mail.ru

Tyumen Industrial University,

38, Volodarsky street, Tyumen, 625000, Russian Federation

The aim of the work is to demonstrate to a wide audience the experience of project-oriented training of students of the direction 'Construction' on the example of solving the problem of calculating the truss serving as a ceiling of an industrial building with a small slope of the roof for the direction of training of industrial and civil engineering, as well as road builders. The paper considers all stages of work with the project (initiation, team building, analytical calculations, numerical calculations, modelling, construction, testing, public performance). The use of analytical and graphical methods for the formation of design schemes of trusses is shown. To verify the results obtained, a numerical method is then used with implementation in the Lira Soft software package, which allows one to evaluate the calculated results with computer visualization. The project ends with a public performance and field experimentation on the completed small-scale model. Tests of small-scale truss models allow a qualitative assessment of the design scheme adopted at the initial stage in comparison with the works (truss designs) of other teams. The paper introduces and describes the results obtained. The implementation of the MECHANICS+ project made it possible to strengthen the relation between the disciplines preceding this course. In the course of their work, students used the competencies of the disciplines "Theoretical Mechanics", "Strength of Materials", "Descriptive Geometry" and "Computer Graphics". The authors have resolved the issue of the formation of a special type of knowledge, estimated for the insufficient initial engineering and technical training of students at the stage of training preceding the study of the structural mechanics course. The results of the work are fundamental for the subsequent cycle, which examines and describes individual mechanisms of structural mechanics methods.

Keywords: project-oriented approach, project activities, farms, farm calculation, engineering education, pasta farm, Lira, Lira Soft, teamwork, Maxwell–Cremona diagram

The results of the article were obtained with the participation and support of the staff of the Department of Construction Mechanics of the Construction Institute of Tyumen Industrial University. The authors of the article express their gratitude to all members of the department who participated in the implementation of the project 'MECHANICS+'. We also express our gratitude to the anonymous reviewers for their recommendations, which allowed us to improve the quality of the publication.

REFERENCES

1. Crowley E.F., Malmqvist J., Ostlund S. *Rethinking engineering education. CDIO approach*. Translated from English by S. Rybushkina. Ed. by A. Chuchalin. Moscow, Higher School of Economics Publ. House, 2015. 504 p. In Rus.
2. Dubrovskaya E.N., Chulanova O.L., Kupriyanova E.V. Motivation of teachers-mentors and students in project activities (on the example of the project "end-to-end competencies of project activities" Surgut). *Materials of Ivanovskikh readings*, 2020, no. S4 (31), pp. 91–97. In Rus. EDN CEKUBF.
3. Gromova A.I., Pavlovsky P.V. The concept, essence and role of student project activities and project management office placement in the structure of its management. *Vestnik Universiteta*, 2023, no. 10, pp. 40–46. In Rus. DOI: <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2023-10-40-46>. EDN PEALVR.
4. Saikhanov A.A. Optimization of the weight of a statically determinate truss in the MATLAB environment. *Innovative scientific research*, 2021, no. 6-2 (8), pp. 223–230. In Rus. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5529041>
5. Oborotova Yu.V. The need to optimize the lattice of steel trusses. *Fundamental principles of the development of science and education in the modern world: collection of scientific works*. Miass, ANIGO Publ., 2023. pp. 323–326. In Rus.
6. Zinkova V.A., Sabitov L.S. Optimization of the structure of tubular trusses. *Electronic network polythematic journal "Scientific Works of the Kuban State Technological University"*, 2022, no. 5,

- pp. 22–29. In Rus. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=putzsp> (accessed: May 24, 2024).
7. Kirsanov M.N., Vorobyov O.V. Analytical calculation of deformations and kinematic analysis of a flat truss with an arbitrary number of panels. *Scientific journal of construction and architecture*, 2021, no. 3 (63), pp. 113–122. In Rus. DOI: 10.36622/VSTU.2021.63.3.011
 8. Burmistrova E.V., Manuilova L.M. *Methods for organizing research and project activities of students: a textbook for universities*. Moscow, Yurayt Publ. House, 2024. 115 p. In Rus. Available at: <https://urait.ru/bcode/544679> (accessed: May 24, 2024).
 9. Isaeva A.P., Plotnikova L.V., Fomina N.I. *Methodology of design activities of a design engineer: textbook for universities*. Moscow, Yurayt Publ. House, 2024. 211 p. In Rus. Available at: <https://urait.ru/bcode/539696> (accessed: May 24, 2024).
 10. Teryushkova Yu.Yu. Features of the organization of project-research activities in a modern university. Nagornova A.Yu., Moskalyuk V.M., Troitskaya T.S. *Priority areas for the development of higher education in the Russian Federation: collective monograph*. Ulyanovsk, Zebra Publ. House, 2023. pp. 97–106. In Rus.
 11. Nikitina A.A. Using project activities as a method of teaching university students. *Information and pedagogical technologies in a modern educational institution. Materials of the X All-Russian scientific and practical conference*. Ed. by Yu.V. Gribkova. Cherepovets, Cherepovets State University Publ., 2019. pp. 216–218. In Rus.
 12. Milyaeva A.K., Mysyn O.I., Vaganova O.I. Design and research activities in the educational process of a university. *Problems of modern pedagogical education*, 2023, no. 81-1, pp. 92–95. In Rus.
 13. Rakhmanova Yu.K., Kargapol'tseva S.I. Project activity in a technical university. *Young scientist*, 2016, no. 11 (115), pp. 1527–1531. In Rus.
 14. Rozhneva E.M. Design and research activities in the professional training of students of a technical university. *Lingvodidactics and methods of teaching foreign languages in the context of intercultural interaction. Collection of scientific articles of the XXXV International Scientific and Practical Conference dedicated to the 200th anniversary of the birth of K.D. Ushinsky*. Cheboksary, Chuvash State Pedagogical University named after. I.Ya. Yakovleva Publ., 2023. pp. 79–83. In Rus.
 15. Starodvortseva N.P., Kulikova M.G., Maslova K.S. Project activities of technical university students as an example of successful youth practice. *Energy, computer science, innovation-2019. Collection of proceedings of the IX International Scientific and Technical Conference*. In 2 vol. Smolensk, Univer-sum Publ., 2019. Vol. 2, pp. 355–358. In Rus.
 16. Tarasova A.V. Project activity as a tool for improving the skills of students' research activities at a university. *Design. Experience. Result*, 2024, no. 1, pp. 89–94. In Rus.
 17. Tarasova E.N., Khatsrinova O.Yu. On the issue of organizing design and research activities of students at an engineering university. *Sustainable development management*, 2021, no. 1 (32), pp. 109–115. In Rus.
 18. Tsirolnikova E.A. Features of the organization of project activities in the process of professional training of students of a pedagogical university. *Scientific notes of Oryol State University*, 2021, no. 4 (93), pp. 293–295. In Rus.
 19. Zenkina S.V., Gerasimova E.K., Pankratova O.P. Network design and research activities of students: a textbook for universities. Moscow, Yurayt Publ. House, 2024. 152 p. In Rus. Available at: <https://urait.ru/bcode/543580> (accessed: May 24, 2024).
 20. Tyulyu G.M., Starshinov V.N. Project activity as a condition for the integration of research and educational activities of students in the educational process of a university. *Bulletin of Kostroma State University. Series: Pedagogy. Psychology. Sociokinetics*, 2016, vol. 22, no. 2, pp. 172–175. In Rus.

Received: 24.06.2024

Accepted: 20.12.2024