

Для ссылок : название журнала
и выходные данные статьи / **For references:**
Машиностроение и инженерное образование.
2020. № 4 (65). С. 39-44.

УДК 123.4 : 567.89

**Применение методов интерактивного обучения
в области машиностроения на примере
группового ранжирования и анализа конкретных ситуаций**

А.И. Огородников

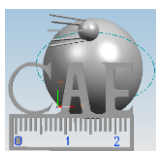
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются базовые интерактивные методы обучения, которые могут применяться при подготовке инженеров по машиностроительным специальностям в рамках компетентностной модели. Определяется необходимость применения интерактивных форм обучения в самостоятельной работе студентов, обсуждается работа студентов в группах на практических занятиях по машиностроительным дисциплинам. На конкретных примерах, связанных с конструированием машин и изготовлением деталей на станках разбираются задачи интерактивных методов обучения, а также роль преподавателя в образовательном процессе.

Ключевые слова: *машиностроение, интерактивные методы обучения, профессиональное обучение, инженерное образование, компетентностный подход.*

Введение

Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (ФГОС ВО) последнего поколения актуализируют внедрение компетентностного подхода в традиционную организацию учебного процесса [1]. Значимость применения образовательных технологий и интерактивных методов в процессе обучения в качестве способа передачи информации возрастает.



Переход на компетентностный подход в обучении студентов предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных имитаций, деловых и ролевых игр, разбора конкретных ситуаций, тренингов и мозговых штурмов) в сочетании с внеаудиторной работой [2].

В настоящее время в практике преподавания используется преимущественно репродуктивная форма обучения. Суть ее заключается в трансляции преподавателем информации и последующем ее воспроизведении студентами. Такая форма коммуникации не удовлетворяет принципам компетентностного подхода в полной мере [3].

Следует отметить отсутствие подробных методических материалов по обучению студентов машиностроительных специальностей с использованием интерактивных методов. В данной работе поставлена задача на конкретных примерах показать содержание и преимущества мотивационно-ориентированных продуктивных методов обучения. Обсуждаемая модель коммуникации предполагает привнесение в образовательный процесс знаний и умений самих студентов, инициирует интерес со стороны обучающихся, и как следствие, обеспечивает высокие результаты учебной работы и получение студентами необходимых компетенций под руководством преподавателя.

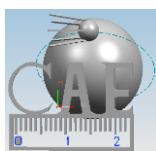
1. Метод анализа конкретных ситуаций

1.1 Описание ситуации

Тема занятия: «Усовершенствование конструкции с использованием компьютерного инженерного анализа»

Компьютерный инженерный анализ (Computer-Aided Engineering - CAE) [4] в составе проектирования изделий машиностроения является актуальным разделом в курсе изучения программного обеспечения CAD/CAE/CAM/PLM и включает в себя решение студентами исследовательских задач [5]. В частности, практическое занятие по компьютерному моделированию механических колебаний конструкции содержит анализ успешных решений на примере зарубежного опыта.

Например, компания *Volvo Construction Equipment (VCE)* занимается проектированием и производством самосвалов, фронтальных погрузчиков,



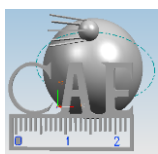
экскаваторов и другой строительной техники. Компания имеет хорошо оснащенный испытательный центр, расположенный в шведском городе Эскильстун, где большой штат инженеров занимается исследованием, разработкой и тестированием прототипов и готовых машин. Главным приоритетом является долговечность деталей, но в процессе проектирования важен акустический анализ, поскольку клиенты всё чаще требуют высоких показателей по шумо- и вибропоглощению. Они заказывают экономически эффективную, производительную и комфортную строительную технику. И поэтому VCE инвестирует в профильные исследования, чтобы улучшить акустический комфорт машин за счет минимизации раздражающих шумов [6]. Поиск источника шума и его подавление является трудной задачей для конструкторской группы, ее решение может занимать многие годы.

Выявление источника шума компьютерными и экспериментальными методами

Компания VCE работала в течение долгого времени над одной интересной задачей по ликвидации раздражающего шума в кабине водителя малого колесного погрузчика. Этот шум появлялся только при оборотах вала 2400 в минуту (RPM) и только в определённом положении карданного вала. В критический момент уровень шума возрастал более чем на 5 децибел (дБ).

Источник шума был не известен. Модальный анализ CAE колесного погрузчика по определению собственных частот конструкции не дал каких-либо полезных результатов. Получалось, что общий уровень шума увеличивался по мере усиления вибраций, но не было никакой прямой корреляции между вибрациями и высоким уровнем шума в кабине. После каждого тестирования измеряли влияние вибраций, чтобы уточнить колебательное поведение конструкции. Обнаружить характерные частоты не удалось.

Для выявления источника шума оставался единственный незадействованный расчетно-экспериментальный метод, который реализован в автоматизированной системе научных исследований Siemens LMS Virtual.lab и поэтому предусматривал тесное сотрудничество с корпорацией «Siemens – Инженерные услуги». Команда инженеров из Siemens расположила три датчика: на левую и правую полуоси, на ведущий вал-шестерню. Измерение перемещений в точках расположения датчиков во время ускорения по-



казало, что их значения оказались значительно больше на боковых полуосях, чем на валу-шестерне. Кроме того, повышенные вибрации в области соединения карданного вала с передней осью четко коррелируют с пиковыми перемещениями при 210 и 375 Герц (Гц). В ходе дальнейших наблюдений сотрудники Siemens предложили проверить еще и физические перемещения, которые дали положительные результаты.

Сборка «фрагментов головоломки»

Далее инженеры решили путём анализа крутильных колебаний внести ясность в данный вопрос. Два лазерных датчика показали четкий резонансный пик при кручении в трансмиссии при 370 Гц. Один датчик был расположен очень близко от заднего фланца, а другой прямо рядом с передним фланцем карданного вала в области крепления к переднему мосту. Сопоставив все полученные данные, инженеры VSE пришли к однозначному выводу об источнике шума и приняли меры по его устранению.

1.2 Последовательность выполнения работы

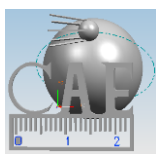
Можно разбить работу с решением описанной проблемы студентами на пять этапов.

Этап первый. Инструктаж. На предварительном этапе преподаватель разъясняет студентам регламент проведения занятия, выдаёт задание с описанием ситуации и объясняет суть метода. Далее он конкретизирует идею, задаёт допустимые рамки, за которые не следует выходить при обсуждении и объявляет начало следующего этапа.

Этап второй. Индивидуальная работа. Данный этап будет самым затратным по времени, на него следует выделить от 15 до 25 минут. Каждый студент строго индивидуально анализирует ситуацию: чётко отделяет факты, существенные для решения проблемы, продумывает возможные решения, отвечает на поставленные вопросы, формулирует цель и задачи, которые необходимо решить, а также фиксирует свои ответы в письменном виде для последующего разбора.

Список вопросов для приведённой выше ситуации:

- 1) Сформулируйте суть проблемы (цель).
- 2) Сформулируйте задачи, которые нужно решить для достижения заданной цели.



3) Запишите в небольшую табличку факторы («фрагменты головоломки»), которые существенны и несущественны для решения поставленных вами задач.

4) Какие методы исследования применимы в описанной ситуации? Запишите примерный перечень.

Этап третий. Групповая работа. На этом этапе формируются группы из нескольких студентов. Студенты каждой группы располагаются рядом и обмениваются идеями и решениями между собой. Сначала каждый представляет своё решение заданий индивидуального этапа. Выслушиваются все мнения. Затем команда приступает к обсуждению по следующему плану:

1) Формулируется командная цель для той же ситуации, которая использовалась на индивидуальном этапе. Следует учитывать, что у каждого участника есть своё видение, но в итоге нужно прийти к единому командному решению. Как показывает практика, это наиболее трудное задание для студентов.

2) Определяется командная задача, которую нужно решить для достижения цели. Цель связана со стратегией и определяет задачи, которые, в свою очередь, связаны с тактикой выполнения задания.

3) Ранжируются по значимости факторы («кусочки головоломки»), выявленные на индивидуальном этапе каждым из участников группы, а также предлагаются дополнительные методы исследования.

4) Выделяются основные составляющие головоломки, важные для решения проблемы.

5) Вырабатывается алгоритм решения в виде

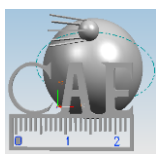
Действие1 -> Результат1 ->... -> ДействиеN -> РезультатN ≡ Цель.

6) Производится обоснование полученного алгоритма решения.

На этом командный этап завершается.

Этап четвёртый. Общегрупповая работа. На этом этапе сравниваются результаты работы команд. Для уверенного закрепления результата обучения нужно прийти к одной общеконандной версии решения, чтобы потом сравнить её с тем, как задача была решена в реальной практике. Можно отвести 30 минут на выполнение этапа по следующему плану.

1) Каждая команда докладывает обоснование своего командного решения.



2) После каждого выступления происходит обсуждение, а затем выслушиваются критические замечания.

3) Определяются положительные и отрицательные стороны каждого решения.

4) Затем производится формулировка интегрированного решения, включающего в себя все положительные стороны всех рассмотренных на этом этапе командных версий.

5) Обосновывается интегрированное решение.

Заключительный этап. Рефлексия. На последнем этапе преподаватель даёт реальную версию, как инженеры VSE решили обсуждаемую проблему, производит анализ ошибок, коррекцию и закрепление полученных знаний. Самым активным участникам обсуждения высказывается благодарность.

1.3 Фактический вариант решения проблемы

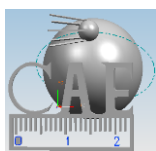
Проблема: наличие раздражающего шума в кабине погрузчика.

Задача: избавиться от шума в кабине погрузчика.

Ранжирование по важности возможных причин: зубчатая передача, геометрия вала, демпфирование корпуса.

Решение проблемы: инженеры Siemens пришли к выводу, что за наличие шума при скорости вращения 2400 об/мин ответственны собственные крутильные колебания карданного вала. В первую очередь, нужно повысить точность зубчатого зацепления, улучшить инерционные и жесткостные параметры системы. Результатом станет снижение уровня вибраций. Но это не избавит от шума полностью. Далее нужно изменить динамику карданного вала, например, за счет изменения массы. Инженеры добавили 10 килограмм и этим значительно улучшили характеристики вала по шуму и вибрациям. Кроме того, были введены элементы демпфирования корпусных деталей. В итоге раздражающий шум в кабине погрузчика был подавлен.

Акцентирование основной темы практического занятия: модальный анализ как расчетный метод определения собственных частот и форм колебаний всей конструкции или отдельных узлов помогает избавиться от нежелательных вибраций и шумов. Результаты модального анализа используются для изменения собственных частот колебаний таким образом,



чтобы они не совпадали с частотой внешней нагрузки и не создавали условий для резонансного повышения амплитуды колебаний. На собственные колебания конструкции можно повлиять, изменив массу конструкции или ее жесткость.

1.4 Вывод по применению метода анализа конкретных ситуаций

Метод группового анализа конкретных ситуаций эффективен в курсах, где студенты выполняют практические работы по поиску и расчетному обоснованию конструкции. Этот метод органично вписывается в общую методологию проектирования, поскольку, как правило, работа по созданию конструкции начинается с анализа существующих решений и выполняется группой инженеров в составе отдела под руководством ведущего специалиста.

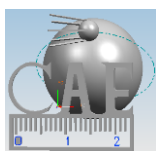
2. Метод группового ранжирования

2.1 Общие сведения о выполнении работы

Студентам предлагается ранжировать по степени важности последовательность действий при работе на станке с ЧПУ. Ранжирование в данном случае означает, что студент должен расположить действия в таблице последовательно. Последовательность выстраивается по признаку значимости действия для обеспечения качества детали. Соответственно, номером 1 следует обозначить то действие, которое является наиболее важным, номером 2 обозначают следующее по значимости действие и т.д. Последним в списке должно оказаться действие, которое на качество детали повлияет незначительно. Преподавателю полезно добавить в список несколько неважных действий, чтобы усложнить работу студентов по анализу ситуации и усилить игровой эффект. В таблице 1 приведен список действий для ранжирования в одном из первых заданий по курсу.

Таблица 1. Список действий в задании для выполнения методом группового ранжирования

№ п/п	Действия
1	Изучение правил эксплуатации станков с ЧПУ
2	Создание объемной модели САД
3	Приборка стружки на рабочем месте



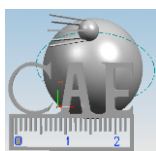
4	Проверка разрывов в траектории движения инструмента
5	Тестирование программы
6	Установка инструмента, приспособления, заготовки на станок
7	Настройка условий обработки в зависимости от свойств материала заготовки и инструментов
8	Выбор инструмента
9	Чтение литературы о конструкции станков с ЧПУ
10	Оптимизация процесса в зависимости от количества деталей: единичное изготовление, мелкая партия или серийное производство
11	Поддержание станка в рабочем состоянии
12	Чтение чертежа
13	Техническое обоснование нормы времени на производство детали
14	Создание управляющей программы с использованием САМ и/или «G-кодов»
15	Проверка и обеспечение точности размеров

2.2 Последовательность выполнения работы

Первый этап. Индивидуальная работа и инструктаж. Сначала студенты знакомятся с описанием ситуации, где конкретизируется задача, описывается идея и формулируется задание. Далее следует индивидуальная работа, на неё отводится 25 минут. Каждый студент самостоятельно расставляет приоритеты в табличке, выданной ему преподавателем, в графе «Индивидуальная оценка».

Второй этап. Командная работа. Студенты объединяются в группы по три-четыре человека, и на групповом этапе обмениваются мнениями, вырабатывают алгоритм решения и выбирают командную оценку, которую заносят в графу «Командная оценка». Этот этап длится также 25 минут.

Третий этап. Общегрупповая работа. На третий этап отводится 25 минут. На этом этапе организуется «круглый стол» и сравниваются командные решения, обсуждаются и обосновываются позиции команд. Зачитывается обще-групповая версия последовательности действий. Препода-



ватель представляет студентам оптимальное решение, в данном случае обозначенное как «Мнение опытного специалиста». Далее для каждой i -ой строки в таблице подсчитываются «Командная ошибка» и «Индивидуальная ошибка» по формулам:

$$\langle \text{Инд. ошибка} \rangle_i = |\langle \text{Мнение опытного специалиста} \rangle_i - \langle \text{Инд. оценка} \rangle_i|,$$

$$\langle \text{Команд. ошибка} \rangle_i = |\langle \text{Мнение опытного специалиста} \rangle_i - \langle \text{Команд. оценка} \rangle_i|;$$

вычисленные значения заносятся в соответствующие ячейки таблицы. В самой нижней строке суммируются значения по столбцам. Далее оценивается суммарная командная ошибка, и если она меньше 15 по абсолютному значению, то студентам выставляется оценка «отлично». Если эта разница находится в пределах от 16 до 30, то выставляется оценка «хорошо». Разнице более 31 соответствуют оценка «удовлетворительно».

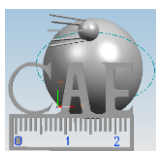
Таблица 2. Шаблон таблицы для оценки результатов выполнения работы

№ п/п	Действия	Инд. оценка	Инд. ошибка	Мнение опытного специалиста	Команд. оценка	Команд. ошибка
1						
	Сумма по столбцам					

Заключительный этап. Рефлексия. В самом конце занятия проводится обсуждение недостатков и достоинств выбранных стратегий. Преподаватель расставляет акценты и закрепляет правильные знания, чтобы у студентов сложилось верное представление о действиях, выполняемых при работе на станке с ЧПУ.

2.3 Вывод по применению метода группового ранжирования

Метод группового ранжирования эффективен в курсах, где студенты выполняют практические работы по разработке технологических процессов машиностроения. Этот метод позволяет постепенно повышать сложность решаемых задач, рассматривать варианты механообработки конкретных деталей на станках с ЧПУ.



Заключение

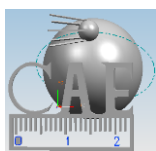
При внедрении интерактивных методов обучения роль преподавателя меняется, перестаёт быть центральной, он лишь курирует процесс и занимается его общей организацией, готовит заранее необходимые задания, формулирует вопросы или темы для обсуждения в группах, даёт консультации, контролирует время и порядок выполнения намеченного плана. Меняется и отношение студента к процессу обучения. Особенность использования интерактивных форм и методов обучения состоит в том, что:

- позволяет студенту приобрести опыт активного освоения содержания будущей профессиональной деятельности во взаимосвязи с практикой;
- создает условия для развития личностной рефлексии, что важно для будущего профессионала в своей области;
- обеспечивает освоение нового опыта профессионального взаимодействия.

При выполнении работы вырабатываются правила совместной деятельности, развиваются навыки анализа и самоанализа в процессе групповой рефлексии, развиваются способности разрешать конфликты, формируется ценностно-ориентационное единство учебной группы.

В силу ряда обстоятельств и норм современной социальной жизни перечисленные достоинства интерактивных методов обучения становятся более значимыми для студентов по сравнению с предыдущими поколениями молодых людей, которые имели возможность получить богатый опыт межличностного общения в школьные годы.

Интерактивные формы обучения могут успешно применяться в условиях дистанционного и проектного обучения студентов.



Литература

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника : утвержден приказом МИНОБРНАУКИ России № 1046 от 17.08.200; регистрационный № 59722. 2020. – 22 с.

2. Хрящев В. Г., Морозова Н. В., Суркова Н. Г. Способы активной и интерактивной подготовки студентов технического вуза по инженерной графике // Альманах современной науки и образования. 2016. № 6 (108). С. 106-111.

3. Нечаева О. А. Реализация компетентного подхода в условиях электронной информационно-образовательной среды // Современные проблемы науки и техники. 2020. № 4. С. 76-84.

4. Огородникова О.М. Компьютерный инженерный анализ: Учебное пособие. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. – 205 с.

5. Огородникова О.М. Исследовательская функция программ CAE в сквозных технологиях CAD/CAE/CAM // Вестник машиностроения. 2012. № 1. С. 25-31.

6. *Renderstedt R.* Construction equipment provider enhances acoustic comfort with the help of LMS Testing Solutions [Электронный ресурс] // Siemens PLM Software Customer Case Studies and Videos Library. Режим доступа: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/our-story/customers/volvo-construction/16402> (дата обращения: 03.12.2021).

