

УДК 378.147

Пономарев А.Б. – доктор технических наук, профессор

E-mail: spstf@pstu.ac.ru

Вахрушев С.И. – кандидат технических наук, доцент**Пермский национальный исследовательский политехнический университет**

Адрес организации: 614990, Россия, г. Пермь, ул. Комсомольский проспект, д. 29

Опытная работа и педагогические эксперименты по дисциплине «Строительные машины»

Аннотация

Представлены результаты педагогических экспериментов по изучению строительных машин с привлечением экспериментальных и контрольных учебных групп. В экспериментальных учебных группах применены активные формы проведения аудиторных занятий с внедрением задачной (поисково-исследовательской) системы обучения на основе функционально-структурного подхода, а в контрольных – использована традиционная методика преподавания с применением репродуктивного (информационно-иллюстративного) изложения учебного материала.

Ключевые слова: структура педагогического эксперимента, статистические критерии, сходимость результатов, учебные группы, функционально-структурный подход, шкалы измерений.

Современные строительные машины (СМ) представляют собой сложные технические системы, оснащенные гидрофицированными силовыми приводами и электронным оборудованием на базе микропроцессорной техники, обеспечивающими автоматизацию выполнения рабочих процессов.

Возникает *противоречие* между необходимостью обеспечения высокого качества освоения СМ в рамках ограниченного учебного времени с одной стороны, и отсутствием методических основ и опыта проведения активных форм аудиторных занятий по изучению строительных машин – с другой.

В целях решения этой проблемы на кафедре «Строительное производство и геотехника» Пермского национального исследовательского политехнического университета предложена и экспериментально проверена методика функционально-структурного подхода (ФСП) к анализу и синтезу СМ как сложных технических систем [1].

Педагогическая экспериментальная работа (ПЭР) при изучении строительных машин проведена в соответствии с теоретически обоснованной гипотезой исследования, что использование ФСП к анализу функциональной организации СМ и к синтезу их структурной организации повысит эффективность освоения учебного материала по сравнению с традиционной методикой преподавания.

Планом педагогической экспериментальной работы определены цели и задачи педагогических экспериментов, место и время проведения экспериментов, их объем, характеристика участвующих в них студентов, описание материалов, используемых для экспериментов, описание методики проведения экспериментов, методики наблюдения, тестирования, а также методики обработки результатов экспериментов. На начальном этапе педагогических экспериментов выполнялись констатирующие педагогические эксперименты в целях установления совпадения начального уровня знаний, умений и навыков студентов в исследуемых экспериментальных и контрольных учебных группах.

В ходе констатирующих педагогических экспериментов было установлено, что в исследуемых экспериментальных и контрольных учебных группах наблюдается одинаковая мотивация студентов к получению знаний и одинаковый уровень общинженерной подготовки. Начальный уровень знаний, умений и навыков проверялся путем проведения тестирования по дисциплинам математического и естественнонаучного цикла и цикла общепрофессиональных дисциплин учебного плана специальности «Промышленное и гражданское строительство»: математике, физике, теоретической механике, гидравлике, материаловедению и сопротивлению материалов.

При выполнении письменного тестирования в исследуемых экспериментальных и контрольных учебных группах задавались одинаковые по уровню сложности вопросы. В целях достоверности полученных результатов контроль уровня остаточных знаний по общинженерной подготовке в каждой исследуемой учебной группе проводился 18 раз (по три контроля в проверяемой дисциплине).

На втором этапе педагогической экспериментальной работы, в ходе сравнительных педагогических экспериментов, предлагалось проведение практических занятий по изучению строительных машин по разным методикам преподавания. В экспериментальных учебных группах была внедрена активная форма проведения аудиторных занятий с использованием задачной (поисково-исследовательской) системы обучения на основе функционально-структурного подхода, а в контрольных учебных группах занятия проводились на основе традиционной методики преподавания.

Изучение строительных машин по традиционной методике проводилось в следующей последовательности:

- формулировалось функциональное назначение строительной машины;
- доводились ее технические характеристики и области применения;
- раскрывалась структурная организация строительной машины, т.е. состав и взаимосвязь всех элементов и систем;
- описывалась функциональная организация строительной машины, т.е. работа агрегатов и систем в различных режимах функционирования.

К сожалению данная методика не позволяет изучить всю номенклатуру современных строительных машин за короткий промежуток времени, отведенный для бакалавров по направлению подготовки 270800 – Строительство. Этот недостаток призван устранить функционально-структурный подход, который основывается на положении, что изучение любой строительной машины представляет собой раскрытие ее функционально-структурной организации, т.е. функции, которые выполняет СМ и структуры, с помощью которой эти функции реализуются.

Алгоритм новой методики проведения практических занятий по изучению устройства строительных машин с использованием функционально-структурного подхода, как одного из направлений системного анализа, включает следующие этапы:

1. Определение и формулировка целевой функции строительной машины.
2. Декомпозиция целевой функции строительной машины на основные и дополнительные функции с раскрытием всех функций систем, подсистем, агрегатов, элементов, т.е. формирование «дерева» функций.
3. Конструктивная реализация функций низших уровней декомпозиции, т.е. агрегатирование, формирование структуры строительной машины.
4. Формирование структуры, синтез строительной машины в целом, т.е. конструктивная реализация основных и дополнительных функций «дерева» декомпозиции.

Функционально-структурный подход исходит из положения, что основным, объединяющим и наполняющим содержанием все стороны и признаки функционально-структурной организации строительной машины, являются *функции строительной машины* и, следовательно, изучение функционально-структурной организации можно рассматривать лишь на основе первичности функций по отношению к *структуре строительной машины*. Новая методика проведения занятий активизирует познавательный процесс за счет создания проблемной ситуации и последовательного усложнения изучаемых вопросов от простого к сложному.

В ходе сравнительных педагогических экспериментов практические занятия в экспериментальных учебных группах проводились с применением новой методики изучения строительных машин, как сложных технических систем, на основе функционально-структурного подхода, а в контрольных учебных группах – с применением репродуктивного (информационно-иллюстративного) метода изложения учебного материала.

Структурная схема проведения сравнительного педагогического эксперимента представлена на рис. 1.

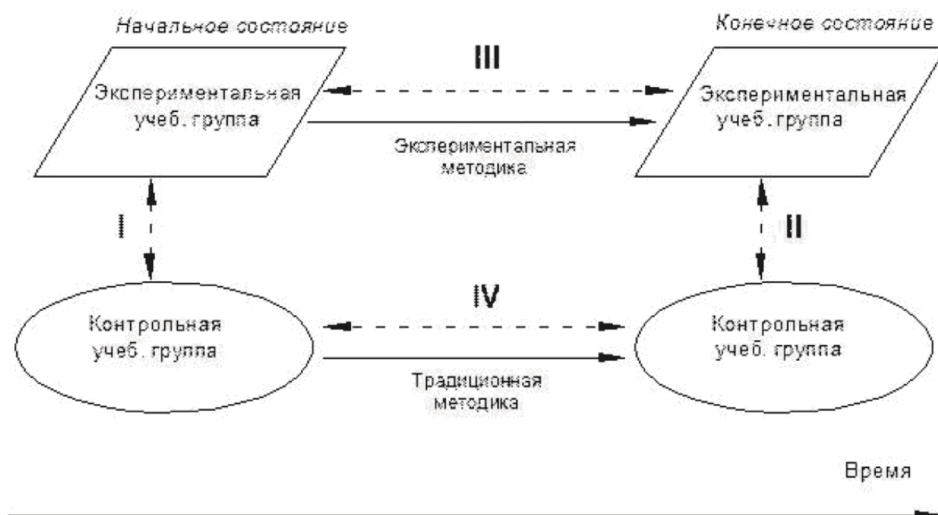


Рис. 1. Структурная схема сравнительного педагогического эксперимента

Пунктирными стрелками на структурной схеме отмечены процессы сравнения результатов педагогического эксперимента в начальном и конечном состоянии.

Методика проведения сравнительного педагогического эксперимента заключалась в следующем:

1. На основании первого сравнения I установлено совпадение начальных состояний уровня знаний, умений и навыков студентов в экспериментальной и контрольной учебных группах.

2. На втором этапе реализовано воздействие на экспериментальную учебную группу по экспериментальной методике обучения на основе применения ФСП. Воздействие на контрольную учебную группу выполнено по традиционной методике обучения.

3. На основании сравнения II установлено различие конечных состояний уровня знаний и умений в экспериментальной и контрольной учебных группах. Объем выборки, степень достоверности полученных результатов определялись с помощью критериев математической статистики.

4. Процедуры сравнения III и IV реализуются косвенным образом, например, когда характеристики контрольной и экспериментальной учебных групп могут измеряться и сравниваться неоднократно, в различные моменты времени.

В целом опытная работа по дисциплине «Строительные машины» проводилась в течении 6 лет начиная с 2007 года. В педагогических экспериментах приняло участие 12 учебных групп, в которых участвовало 312 студентов специальности «Промышленное и гражданское строительство». Контроль уровня остаточных знаний, умений и навыков студентов экспериментальных и контрольных учебных групп проводился не ранее чем через один год обучения после завершения дисциплины «Строительные машины».

При оценке знаний и умений перед студентами экспериментальных и контрольных учебных групп ставились следующие вопросы:

1. Перечислить составные части, характеризующие структуру любой строительной машины.

2. Виды механических передач, используемых в трансмиссиях строительных машин, их достоинства и недостатки.

3. Какими элементами гидравлического привода строительной машины обеспечивается дроссельное регулирование подачи рабочей жидкости? Покажите условное обозначение этих элементов на принципиальной гидравлической схеме.

4. Как обеспечивается объемное регулирование подачи рабочей жидкости в гидравлическом приводе строительной машины?

5. Из каких технологических операций состоит рабочий цикл бульдозера? Показать на принципиальной гидравлической схеме режимы работы гидравлического привода бульдозера.

6. Какими техническими устройствами обеспечивается изменение частоты вибрации рабочих органов вибропогружателей, вибромолотов и шпунтовывергивателей?

7. Как осуществляется работа гидропривода самоходного стрелового крана в режиме выдвигания штоков домкратов (аутригеров)?

8. Рассчитать кратность полиспаста грузоподъемного крана, если известно, что максимальная сила натяжения стального каната равна $F = 23 \cdot 10^3$ Н при подъеме груза массой $m = 16 \cdot 10^3$ Кг. Показать схему полиспаста.

9. Из каких технологических операций состоит рабочий цикл строительного одноковшового экскаватора? Показать на принципиальной гидравлической схеме режимы работы гидравлического привода одноковшового экскаватора.

10. Объем и периодичность полного технического освидетельствования строительных кранов. Как осуществляется отбор и выбраковка стальных канатов?

11. Башенный стреловой кран имеет максимальную грузоподъемность $m = 16 \cdot 10^3$ Кг при вылете стрелы $L = 5$ м. Какой максимальный груз можно поднять краном при вылете стрелы $L = 25$ м, если коэффициент запаса грузовой устойчивости равен $K_y = 1,4$. Показать график грузовой характеристики крана.

12. Перечислить основные механизмы грузоподъемных машин и показать структурные схемы каждого механизма.

В целом студенты экспериментальных учебных групп имели более высокие результаты ответов по сравнению со студентами контрольных учебных групп.

Педагогические эксперименты выполнены на основе общего эмпирического метода исследования, при котором процессы и явления изучались в строго контролируемых и управляемых условиях. В качестве независимого экспериментального фактора использована новая методика обучения, а в качестве зависимых переменных – знания, умения, навыки. В целях исключения влияния субъективного фактора на процесс обучения занятия в обеих учебных группах вел один преподаватель.

При выборе критериев оценки результатов педагогических экспериментов учитывались следующие признаки:

- объективность, т.е. позволять оценивать исследуемый признак однозначно, не допускать спорных оценок разными людьми;
- адекватность, валидность, т.е. оценка знаний, умений и навыков при решении задач, приближенных к требованиям будущей профессиональной деятельности;
- нейтральность по отношению к исследуемым учебным группам студентов, т.е. темы аудиторных занятий по дисциплине «Строительных машины» в исследуемых учебных группах должны совпадать.

В качестве критериев оценок ответов студентов экспериментальных и контрольных учебных групп приняты шкалы измерений, которые в свою очередь были разделены на четыре основных класса по мере убывания мощности шкалы: шкала отношений, интервальная шкала, порядковая (ранговая) шкала и номинальная шкала или шкала наименований [3]. Кроме того в педагогических экспериментах использованы шкалы измерений, для которых применимы критерии математической статистики. Различия уровней знаний, умений и навыков обучаемых в исследуемых учебных группах при этом не требуют обоснования достоверности.

Педагогические эксперименты были построены на основе двух статистических гипотез:

а) гипотезы об отсутствии различий уровней знаний, умений и навыков обучаемых (нулевая гипотеза);

б) гипотезы о присутствии значимых различий уровней знаний, умений и навыков обучаемых (альтернативная гипотеза).

Критерии математической статистики позволили принять правильную гипотезу.

При этом эмпирическое значение критерия вычислялось на основании информации о результатах наблюдений за исследуемыми учебными группами и сравнивалось с известным критическим значением с уровнем значимости $\alpha = 0,05$. В педагогических экспериментах допускалось не более чем 5 % возможной ошибки.

Нулевая гипотеза принималась при условии, что эмпирическое значение критерия оказывалось меньше или равнялось критическому и на заданном уровне значимости знания, умения и навыки обучаемых в учебных группах совпадали с уровнем значимости равном 5 %. В противном случае принималась альтернативная гипотеза,

свидетельствующая о том, что достоверность различий уровней знаний, умений и навыков обучаемых в учебных группах равнялась 95 %.

Достоверность совпадения и различий уровня знаний, умений и навыков студентов в исследуемых учебных группах, измеренных в шкале отношений была определена с помощью критериев Крамера-Уэлча и Вилкоксона-Манна-Уитни.

В педагогических исследованиях критерий Крамера-Уэлча в некоторых случаях допускается использовать вместо критерия Стьюдента. Эмпирическое значение данного критерия рассчитывалось на основании информации о количестве студентов N в экспериментальной учебной группе и количестве студентов M в контрольной учебной группе, количестве выборок в соответствующих группах обучаемых x и y , выборочных средних значениях (математических ожиданиях) $|x|$ и $|y|$, а также на основании полученных значений дисперсий D_x и D_y сравниваемых выборок.

Наиболее точный результат получался при решении задачи по следующей уравнению:

$$T_{эмп} = \frac{\sqrt{M \cdot N} \cdot |x - y|}{\sqrt{M \cdot D_x + N \cdot D_y}}. \quad (1)$$

В то же время критерий Вилкоксона-Манна-Уитни было предпочтительнее применять при количестве выборок с большим числом отличающихся величин когда один студент, например, Вахитов решает большее количество задач по сравнению с другим студентом, например, Исламовым, но насколько больше не имеет значения [4].

Достоверность совпадения и различий уровня знаний, умений и навыков студентов в исследуемых учебных группах, измеренных в порядковой шкале была определена с помощью критериев χ^2 «хи-квадрат» и Фишера.

Критерий однородности χ^2 «хи-квадрат» было предпочтительнее применять при условии, когда в каждой из проводимых выборок не менее пяти обучаемых получают одинаковый балл за ответ.

Эмпирическое значение критерия однородности χ^2 «хи-квадрат» вычислялось по следующей формуле:

$$\chi^2_{эмп} = N \cdot M \cdot \sum_{i=1}^L \frac{\left(\frac{n_i}{N} - \frac{m_i}{M}\right)^2}{\frac{n_i + m_i}{N + M}}, \quad (2)$$

где n_i – количество студентов экспериментальной учебной группы, получивших i -ый балл (в пятибалльной шкале);

m_i – количество студентов контрольной учебной группы, получивших i -ый балл (в пятибалльной шкале).

Критерий Фишера применялся только для дихотомической порядковой шкалы измерений, например: «высокий» – «низкий», «справился с заданием» – «не справился», «прошел тест» – «не прошел» [5].

Последовательность определения критериев математической статистики представлена на рис. 2 и заключалась в следующем:

1. Определялся необходимый уровень шкалы измерений с учетом вышеперечисленных признаков: объективности, адекватности и нейтральности оценки знаний, умений и навыков обучаемых.

2. При выборе шкалы отношений использовался критерий Крамера-Уэлча (1) с целью проверки совпадений всех средних значений выборок в соответствующих группах обучаемых (математических ожиданиях) $|x|$ и $|y|$.

3. При выборе шкалы отношений с целью проверки совпадений всех показателей выборок с большим числом отличающихся величин использовались критерий Вилкоксона-Манна-Уитни и критерий однородности χ^2 «хи-квадрат».

4. При выборе порядковой шкалы измерений предпочтение отдавалось критерию однородности χ^2 «хи-квадрат» (2), т.к. общепринято в вузах использовать пятибалльную систему оценивания знаний.

5. В случаях промежуточного контроля знаний по итогам изучения отдельных тем и разделов дисциплины «Строительные машины» в ходе проведения контрольных тестирований студентов использовалась дихотомическая порядковая шкала измерений и обработка результатов эксперимента проводилась с применением критерия Фишера.

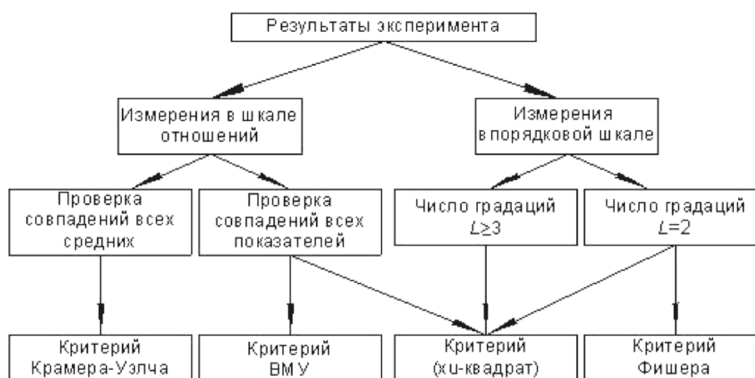


Рис. 2. Алгоритм выбора статистического критерия

В ходе обработки результатов педагогического эксперимента по всем четырем статистическим критериям выявлено, что начальные состояния знаний, умений и навыков обучаемых в учебных группах (по результатам констатирующего эксперимента) совпадали, а конечные (по результатам сравнительного эксперимента) – различались.

Кроме того, по результатам сравнительных экспериментов при изучении одной и той же темы занятия на основе различных методик обучения в экспериментальных и контрольных учебных группах получены следующие диаграммы распределения правильных ответов студентов (см. рис. 3 и 4).

В экспериментальных учебных группах применены активные формы проведения аудиторных занятий с внедрением задачной (поисково-исследовательской) системы обучения на основе функционально-структурного подхода, а в контрольных – использована традиционная методика преподавания с применением репродуктивного (информационно-иллюстративного) изложения учебного материала.



Рис. 3. Диаграмма распределения правильных и неправильных ответов в экспериментальных учебных группах



Рис. 4. Диаграмма распределения правильных и неправильных ответов в контрольных учебных группах

Полученные диаграммы свидетельствуют о том, что инновационные педагогические технологии преподавания дисциплины «Строительные машины» с применением активных форм обучения на основе новой методики функционально-структурного подхода позволяют, зависимости от сложности изучаемых вопросов, повысить до 14-19 % уровень освоения учебного материала студентами экспериментальных учебных групп по сравнению со студентами контрольных учебных групп. Причем разница в ответах обучаемых в исследуемых учебных группах проявляется более значительнее при изучении режимов работы строительных машин, оснащенных мощными гидроприводами и электронной системой управления на базе микропроцессорной техники, обеспечивающими автоматизацию выполнения технологических операций строительных процессов.

В результате изучения строительных машин на новой методической основе с применением функционально-структурного подхода студенты имеют более полное представление:

- об устройстве строительной машины, составе ее механизмов, агрегатов, узлов и элементов;
- о способе построения структуры строительной машины, ее конструктивной реализации;
- о режимах функционирования строительной машины, ее гидропривода, систем и механизмов.

В свою очередь, новая методика на этапе подготовки к занятию требует рутинной работы преподавателя по анализу строительной машины (описанию каждого элемента и его значения в обеспечении работоспособности механизмов, агрегатов и систем) и синтезу конечной структуры строительной машины.

Таким образом, опытная работа и педагогические эксперименты по дисциплине «Строительные машины» позволили реализовать на практике собственные замыслы в образовательных инновациях. Выполнено одно из основных требований п. 7.3. Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) по направлению 270800 – Строительство (квалификация (степень) «бакалавр»), что реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения аудиторных занятий.

Список библиографических ссылок

1. Вахрушев С.И. Методика изучения строительных машин на основе функционально-структурного подхода // Изв. КазГАСУ. Научно-методические проблемы преподавания, 2007, № 1. – С. 96-100.
2. Вахрушев С.И., Пономарев А.Б. Разработка учебно-методического комплекса дисциплины (модуля) по направлению подготовки 270800 – Строительство // Международное совещание заведующих кафедрами механики грунтов, оснований и фундаментов, подземного строительства и гидротехнических работ, инженерной геологии и геоэкологии строительных вузов «Достижения, проблемы и перспективные направления развития для теории и практики механики грунтов и фундаментостроения» 24-27 апреля 2012 г. – Казань: изд-во КазГАСУ, 2012. – С. 155-159.
3. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Статистический анализ данных на компьютере. – М.: ИНФРА-М, 1998. – 528 с.
4. Орлов А.И. Эконометрика. – М.: Экзамен, 2003. – 576 с.
5. Новиков Д.А. Статистические методы в педагогических исследованиях (типичные случаи). – М.: МЗ-Пресс, 2004. – 64 с.

Ponomarev A.B. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: spstf@pstu.ac.ru

Vahrushev S.I. – candidate of technical sciences, associate professor

Perm National Research Polytechnical University

The organization address: 614990, Russia, Perm, Komsomolsky av., 29

Skilled-experimental work on discipline «Building equipment»

Resume

The urgency of subjects of research consists that modern building equipment represents the difficult technical systems equipped with hydroficated power drives and a control system with the modern electronic equipment on the basis of microprocessor techniques, providing automation of performance of technological operations in building processes. There is a contradiction between necessity of providing the high quality of development of building equipment subject within the limited class hours and absence of methodical bases and experience of carrying out classes in this subject. With a view of the decision of this problem was offered and checked up experimentally the technique of the functional-structural approach to the analysis and synthesis of building equipment as difficult technical systems on chair «Building manufacture and geotechnics» of Perm national research polytechnic university. Article is devoted to research of results of pedagogical experiment on studying building equipment with application of a new teaching technique on the basis of the functional-structural approach to the analysis and synthesis of building equipment as difficult technical systems. Skilled-experimental work is executed during an academic year with attraction of experimental and control educational groups. Pedagogical experiments are executed on the basis of the general empirical method of research at which processes and occurrences were studied in strictly controllable and operated conditions. The new technique of training is used as the explanatory variable, and as dependent variables knowledges, skills are used.

Keywords: structure of pedagogical experiment, statistical criteria, convergence of results, educational groups, the functional-structural approach, scales of measurements.

Reference list

1. Vahrushev S.I. Technique of studying of building equipment on the basis of the functional-structural approach // News of the KSUAE. Scientifically-methodical problems of teaching, 2007, № 1. – P. 96-100.
2. Vahrushev S.I., Ponomarev A.B. Working out of a methodical complex of discipline (module) in a direction of preparation 270800. Building // The International meeting of chair's managers of ground mechanics, the bases, underground building and hydraulic engineering works, engineering geology and geoecology of building high schools «Achievements, problems and perspective directions of development for the theory and ground mechanics and building of the bases practice». April, 24-27th, 2012. – Kazan: KSUAE, 2012. – P. 155-159.
3. Turin U.N., Makarov A.A. The statistical analysis of information on the computer. – M.: INFRA-M, 1998. – 528 p.
4. Orlov A.I. Econometrics. – M.: Ekzamen, 2003. – 576 p.
5. Novikov D.A. The statistical methods in pedagogical research (sample cases). – M.: Mz-Press, 2004. – 64 p.