



НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru

ISSN: 2541-8394



№7(26)

НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

МОСКВА, 2019



НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Сборник статей по материалам XXVI международной
научно-практической конференции*

№ 7 (26)
Август 2019 г.

Издается с декабря 2016 года

Москва
2019

УДК 51/53+62

ББК 22+3

Н34

Председатель редколлегии:

Лебедева Надежда Анатольевна – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, г. Киев, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

Ахмеднабиев Расул Магомедович – канд. техн. наук, доц. кафедры строительных материалов Полтавского инженерно-строительного института, Украина, г. Полтава;

Данилов Олег Сергеевич – канд. техн. наук, научный сотрудник Дальневосточного федерального университета;

Маршалов Олег Викторович – канд. техн. наук, начальник учебного отдела филиала ФГАОУ ВО "Южно-Уральский государственный университет" (НИУ), Россия, г. Златоуст.

Н34 Научный форум: Технические и физико-математические науки: сб. ст. по материалам XXVI междунар. науч.-практ. конф. – № 7 (26). – М.: Изд. «МЦНО», 2019. – 0 с.

ISSN 2541-8394

Статьи, принятые к публикации, размещаются на сайте научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

ISSN 2541-8394

ББК 22+3

© «МЦНО», 2019

Оглавление

Раздел 1. Технические науки	5
1.1. Авиационная и ракетнокосмическая техника	5
РАНЖИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛИСТОВ КОНСТРУКТОРСКОГО БЮРО С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ДЕЛФИ Чекаев Юрий Юрьевич Алякина Екатерина Сергеевна	5
1.2. Информатика, вычислительная техника и управление	19
КОММУТАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО С ПАРАЛЛЕЛЬНО-КОНВЕЙЕРНОЙ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЕЙ ПАКЕТОВ ДЛЯ МАТРИЧНЫХ МУЛЬТИПРОЦЕССОРОВ Зотов Игорь Валерьевич Мохаммед Ажмаль Джамиль Абдо	19
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ РЕАЛИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ Гришмановский Павел Валерьевич Гришмановская Ольга Николаевна	28
ОСОБЕННОСТИ ОСНОВНЫХ ПОДХОДОВ К ФОРМАЛИЗАЦИИ И ПОСТРОЕНИЮ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ Назаров Евгений Владимирович	41
1.3. Приборостроение, метрология и информационноизмерительные приборы и системы	51
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВОЛЬТ-ФАРАДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕТЕРОСТРУКТУР ПАВЛОВ РОМАН СЕРГЕЕВИЧ	51

1.4. Строительство и архитектура	56
ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СТРОИТЕЛЬСТВО ЗДАНИЙ В СЕВЕРНЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ	56
Сильченко Виктория Сергеевна Жиленко Оксана Борисовна	
1.5. Транспортное, горное и строительное машиностроение	67
ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ АВТОГРЕЙДЕРА СРЕДНЕГО КЛАССА	67
Божанов Аркадий Александрович Данилевич Денис Владимирович Чурбаков Андрей Александрович Ступин Олег Александрович	
Физико-математические науки	74
Раздел 2. Математика	74
2.1. Математическая логика, алгебра и теория чисел	74
ДИОФАНТОВО УРАВНЕНИЕ ЧЕТВЁРТОЙ СТЕПЕНИ ОТ ТРЁХ ПЕРЕМЕННЫХ	74
Бокарева Лидия Леонидовна Бокарев Никита Леонидович	

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

РАЗДЕЛ 1.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

1.1. АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНОКОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

РАНЖИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛИСТОВ КОНСТРУКТОРСКОГО БЮРО С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ДЕЛФИ

Чекаев Юрий Юрьевич

*аспирант Ульяновский институт гражданской авиации
им. Б.П. Бугаева,
РФ, г. Ульяновск*

Алякина Екатерина Сергеевна

*аспирант Ульяновский институт гражданской авиации
им. Б.П. Бугаева,
РФ, г. Ульяновск*

RANKING SPECIALISTS DESIGN OFFICE WITH THE USE OF DELPHI METHOD

Yuri Chakaev

*graduate student of Ulyanovsk Institute of civil aviation. B. P. Bugaev,
Russian Federation, Ulyanovsk*

Ekaterina Alyakina

*graduate student of Ulyanovsk Institute of civil aviation. B. P. Bugaev,
Russian Federation, Ulyanovsk*

Аннотация. Уровень технологической проработки конструкции оставляет отпечаток на надежности самолета. На серийных самолетостроительных заводах совместные усилия конструктора и технолога на этапе производства способны снизить количество скрытых производственных дефектов. Основа высококачественного серийного производства - это повышение качества конструкторской документации и неусыпный контроль технологических процессов.

Abstract. The level of technological development of the design leaves an imprint on the reliability of the aircraft. At serial aircraft factories, the joint efforts of the designer and the technologist at the production stage can reduce the number of hidden manufacturing defects. The basis of high-quality serial production - is to improve the quality of design documentation and vigilant control of technological processes.

Ключевые слова: метод Делфи; конструкторское бюро; конструкторская документация.

Keywords: Delphi method; design Bureau; design documentation.

Введение

Вопрос о безопасности полетов (БП) остро стоит на повестках дня разного уровня совещаний причастных к авиации лиц. В представленном исследовании предлагаем рассмотреть влияние качества конструкторской документации (КД) на БП.

Проведем связи: конструктор выпускает КД на самолет. На основании этой КД технолог производства формирует технологическую документацию (ТД). По ней идет процесс производства самолетных деталей. Визуально можно представить на схеме ниже (Рис.1):

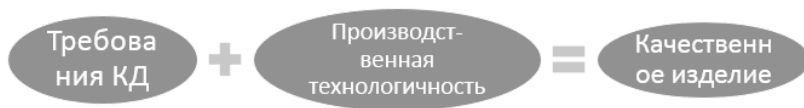


Рисунок 1. Схема

В основе лежат объективные выполнимые требования к качеству деталей, заложенные конструктором у истока.

А качество КД состоит и зависит от полноты указанных в ней требований. Если этих требований недостаточно, для соблюдения условий долговечности, ремонтпригодности, технологичности дета-

лей, то и качество КД является пропорционально сниженным от номинала.

Изготовленные с меньшим качеством от номинала детали не имеют требуемых запасов прочности, структуры материала и не отвечает заявленному ресурсу.

При эксплуатации ВС с изделиями, изготовленными по КД не соответствующего качества самолет, в какой-то момент не справится с реальными возникающими условиями в полете, при приземлении или наборе высоты и произойдет отказ системы [1].

Говорить о создании идеальной модели ВС с первого раза не приходится. За многолетнее наблюдение было отмечено, что с течением определенного времени можно улучшить и приблизить к совершенству некоторые параметры ВС.

Для этого необходимы регулярные оценки надежности элементов ВС.

На основании полученных данных оценки надежности внедрять научные достижения, которые касаются: увеличения ресурсного срока службы, ремонтпригодности, дублирования и других систем.

Надежность - свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Фактически сегодня мы имеем:

- Проблема формирования и оптимизации содержания и объемов ТОиР, которые в конечном итоге определяют уровень всех видов затрат в ТЭ ЛА.
- Расчет параметров ВС на стадии проектирования возможен лишь до определенного уровня, который на тот момент был около предельного значения.
- Уточнение и подтверждение расчетных параметров ВС в ходе испытаний имеет своей целью войти в допустимые значения.
- Поддержка летной годности, состоящая из необходимой и опытноконструкторской доводки, по ходу эксплуатации складывается из наблюдений за определенный период.

Получение более полной информации о работе ВС возможно за счет:

- внедрения предиктивного ремонта (систем контроля узлов ВС);
- детального учета человеческих факторов и каждого в отдельности;

Одна из разновидностей влияния человеческих факторов еще до эксплуатации ВС на его функциональные системы, летные характеристики, надежность и последующее поддержание летной годности просматривается на стадии проектирования ВС. Инженеры-конструкторы работают над узлами и системами самолета по принадлежности, составлением технологических процессов на основании конструкторской документации занимаются технологи и другими участниками локальных систем по проектированию и постановке на производство ВС типа.

Образование, начальная подготовка, опыт работы, квалификация, степень загруженности, объем работы и индивидуальные данные работников конструкторского бюро влияют на качество выполняемой работы. Чем выше показатели по выделенным нами параметрам, характеризующим эффективность конструкторов, тем выше качество выполняемой им работы. При первом приближении появляется ощущение, что речь идет о логической взаимосвязи параметров и другого исход не возможен. Другими словами, и так ясно, что чем выше показатели, тем лучше. Да и вообще, почему Вы решили, что именно эти параметры кроются за ошибками, которые мы называем человеческими факторами? Отражают ли они суть происходящего в реальном времени при воздействии на них и их изменении?

В данном исследовании предлагаем проверить гипотезу на сколько совокупность различных значений параметров у разновозрастных сотрудников КБ влияет на качество выполняемой ими работы. Это устанавливается за счет расстановки сотрудников по степени значимости и по роли в КБ. Это позволит проанализировать какой из параметров для конкретного работника нужно развить, чтобы повысить индивидуальную эффективность и производительность КБ в целом. В некоторых случаях совокупность развиваемых параметров позволяет улучшить выбранный показатель.

Для этого проводилось наблюдение в течение нескольких месяцев за одним из отраслевых КБ самолетостроительного предприятия, что позволило отобрать фокус-группу из 25 сотрудников преимущественно со стажем работы до 5 лет. Хронометраж и фиксация критериев успеваемости позволили выделить несколько взаимовлияющих параметров отражающих эффективность сотрудников.

Влияние технологии изготовления на показатели надежности.

При создании нового изделия акцент делается на обеспечение требований к качеству, и только потом к производительности и экономичности производственных процессов.

Показатели качества: точность выдерживания посадочных размеров, сопряжения, обводы, чистота поверхностей трущихся пар, величина натяга в неразъемных соединениях, степень герметичности трубопроводов, клеевых и сварных соединений агрегатов, усилия трения в подвижных соединениях и значения массы деталей являются результатом производственного процесса использованной технологии и объективно прогнозируют будущую работоспособность.

Однако показатели качества оценивают лишь завершившийся этап изготовления и сборки элементов самолета.

При изготовлении и сборке агрегатов имеет место быть нестабильность производственных процессов, а при эксплуатации на самолет воздействуют реальные условия и случайные нагрузки - не исключение.

Статистические данные об отказах в эксплуатации являются той обратной связью, которая позволяет посредством изменения значений показателей качества продукции корректировать технологические способы производства.

Несмотря на возрастающий объем испытаний в процессе проектирования, начальный этап эксплуатации почти каждого самолета является периодом его конструктивно - технологической доводки и продолжается от 2 до 5 лет.

Зависимость между показателями качества производства и показателями их надежности является результатом анализа причин отказов и изучения вызывающих их физических процессов.

Знание закономерностей влияния технологии изготовления на показатели надежности самолета обеспечивает разработку оптимального производственного процесса, при котором принятые показатели качества продукции гарантируют требуемые показатели надежности.

Во время производства элементов самолета с несоблюдением требований технологического процесса возможно возникновение недостатков в конструкции.

Классификация причин производственных недостатков самолетов:

- заниженные значения принятых показателей качества полуфабрикатов, готовых изделий, агрегатов и систем;
- методологические недостатки технологии изготовления, сборки и испытаний;
- низкая стабильность производственных процессов из-за отклонения параметров исходных материалов и недостаточной надежности оборудования.

Существенным признаком отказа из-за производственного недостатка является время его проявления - малый налет после его впуска.

В течении первых нескольких сот часов налета скрытые производственные недостатки, как правило, проявляются по экспоненциальному закону.

В зависимости от происхождения выделяют три группы: недостатки материалов, недостатки обработки и недостатки сборки.

Недостатки материала определяются отклонением от ТУ или ГОСТов и бывают: местные, распределенные и по всему объему полуфабрикатов.

Технологической наследственностью - называется сохранение и суммирование недостатков в последовательных стадиях производственного процесса.

Недостатки обработки деталей проявляются, начинаются, начиная со стадии пластической деформации заготовок. Наследуя недостатки литья, процесс пластической деформации вносит такие недостатки как расслоения, рванины, волосовины.

Теория надежности силовых элементов планера в аспекте сопротивления усталости успешно развивается в трудах ряда ученых.

В отличие от традиционной детерминированной прочности вероятностная прочность рассматривает внешние нагрузки и несущую способность.

Почему же агрегаты, комплектующие изделия или система самолета, которые разрабатывались на самом высоком техническом уровне с использованием научно обоснованных методик и опыта конструирования аналогов, которые изготавливались в полном соответствии с ТУ и которые эксплуатировались на самолете строго по проверенной на практике инструкции и обслуживались по утвержденному регламенту, все же отказывают, с очень малой вероятностью в случайные моменты времени полета?

Объективные причины того, что возникновения отказа есть случайное событие делятся на две группы:

1. Различие в изготовлении:

- разброс физических и прочностных характеристик исходных материалов;
- случайное сочетание геометрических параметров подвижных и неподвижных соединений в пределах предусмотренного допуска чертежа;
- нестабильность ТП;

2. Не абсолютная идентичность режимов полета и условий эксплуатации:

- случайный характер сочетаний внешних воздействий и нагрузок;
- отклонения ожидаемых условий эксплуатации (ОУЭ) от фактических в различных климатических зонах;
- отличие внешних условий работы в полете и при стендовой отработке систем (где не воспринимаются положительные и отрицательные перегрузки, углы атаки, турбулентность атмосферы, реальные уровни вибраций, грозовые разряды и др.)

Отказы систем самолета невозможно полностью исключить, но их количество по времени можно прогнозировать на основе методов расчета безотказности.

Предельное состояние оценивается по соответствующим признакам или критериям, которые устанавливаются главным конструктором и НЛГ.

Принципиальным отличием отечественного подхода к решению проблемы Обеспечения безопасной эксплуатации ВС от американского и европейского в том, что она основана на поэтапном Установлении Ресурса и Срока Службы ВС (далее ПУРиСС).

ПУРиСС означает, что эксплуатация ВС по мере их наработки и старения разделяется на этапы. Длительность этапа = межремонтный ресурс. При вводе парка в эксплуатацию этот ресурс = 5000-6000 л.ч., что = 3-4 года службы.

Для ВС без капитального ремонта этап УСС = те же 3-4 года эксплуатации.

В пределах очередного этапа установления ресурса и срока службы выявляются все недостатки, например, человеческий фактор при проектировании выраженный в неверно подобранном материале, некорректно приложенной нагрузке и выбранной схеме испытаний, не учтены внешние воздействия и близко расположенные элементы.

Для подробного разбора применения метода Делфи разберем для примера производительность инженеров в конструкторском бюро.

Для этого поставим условия задачи:

Выполнить комплексную оценку совокупности изучаемых параметров инженеров и провести сравнительный анализ значимости этих параметров с использованием метода Дельфи [3].

Решение:

Найдем максимальное значение по каждому изучаемому показателю и выделим его в матрице исходных данных (Табл. 1).

Таблица 1.

Матрица исходных данных

Инженер	Показатели эффективности			Динамика	
	Квалификация	Время выполнения одного проекта*	Объем выпущенных форматов А4**	Рабочих часов в месяц	Важность для отдела***
1	2	3	4	5	6
1	15,00	112,00	21,43	160	7,47
2	25,00	97,00	40,21	156	3,88
3	35,00	82,00	66,16	155	2,34
4	40,00	69,00	89,28	154	1,73
5	55,00	63,00	133,57	153	1,15
6	70,00	55,00	190,91	150	0,79
7	80,00	50,00	257,60	161	0,63
8	90,00	50,00	291,60	162	0,56
9	15,00	111,00	15,68	116	7,40
10	15,00	99,00	24,70	163	6,60
11	20,00	92,00	35,65	164	4,60
12	15,00	100,00	24,00	160	6,67
13	15,00	100,00	25,50	170	6,67
14	20,00	87,00	34,94	152	4,35
15	15,00	95,00	24,47	155	6,33
16	15,00	99,00	24,24	160	6,60
17	25,00	85,00	52,35	178	3,40
18	15,00	87,00	28,45	165	5,80
19	15,00	95,00	23,68	150	6,33
20	20,00	81,00	37,28	151	4,05
21	15,00	98,00	23,27	152	6,53
22	15,00	92,00	24,95	153	6,13
23	20,00	88,00	35,00	154	4,40
24	15,00	96,00	24,22	155	6,40
25	20,00	87,00	35,86	156	4,35

Значение каждого показателя из матрицы исходных данных разделим на максимальное значение изучаемого показателя (1).

Например, по столбцу квалификация:

$$15/90 \approx 0,17 \quad (1)$$

(округлим до двух знаков после запятой). И остальные ячейки столбца делим на 90, как в примере. Затем в следующем столбце находим наибольшее число и проводим деление каждой ячейки на него.

Результаты полученных расчетов внесем в матрицу координат.

Значение каждого показателя в матрице координат возведем в квадрат и полученные данные внесем в матрицу квадратов.

Возведенные в квадрат данные по каждому показателю просуммируем по строке, т. е. по каждому изучаемому инженеру. Например, по инженеру под порядковым номером 1:

$$0,03 + 1,00 + 0,01 + 0,81 + 1,00 = 4,005$$

* - 1 месяц берется за 100 %

** - 300 листов формата А4 берется за 100%

*** - значение близкое к 0 – считается самым востребованным

В табл. 2 по сумме баллов присвоим призовое место каждому инженеру, однако здесь не учитывается значимость используемых оценочных показателей (все они считались равнозначными).

Таблица 2.

Матрица квадратов с ранжированием

Инженер	Показатели эффективности			Динамика		Сумма баллов	Ранжирование*
	Квалификация	Время вып. проекта	Объем вып. А4	Рабочих часов в месяц	Важность для отдела		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,03	1,00	0,01	0,81	1,00	2,84	21
2	0,08	0,75	0,02	0,77	0,27	1,88	6
3	0,15	0,54	0,05	0,76	0,10	1,60	2
4	0,20	0,38	0,09	0,75	0,05	1,47	1
5	0,37	0,32	0,21	0,74	0,02	1,66	3
1	2	3	4	5	6	7	8
6	0,60	0,24	0,43	0,71	0,01	2,00	9
7	0,79	0,20	0,78	0,82	0,01	2,60	20

8	1,00	0,20	1,00	0,83	0,01	3,03	22
9	0,03	0,98	0,00	0,42	0,98	2,42	17
10	0,03	0,78	0,01	0,84	0,78	2,44	18
11	0,05	0,67	0,02	0,85	0,36	1,95	8
12	0,03	0,80	0,01	0,81	0,80	2,44	18
13	0,03	0,80	0,01	0,91	0,80	2,54	19
14	0,05	0,60	0,01	0,73	0,34	1,74	4
15	0,03	0,72	0,01	0,76	0,72	2,23	13
16	0,03	0,78	0,01	0,81	0,78	2,40	16
17	0,08	0,58	0,03	1,00	0,21	1,89	7
18	0,03	0,60	0,01	0,86	0,60	2,10	10
19	0,03	0,72	0,01	0,71	0,72	2,18	12
20	0,05	0,52	0,02	0,72	0,29	1,60	2
21	0,03	0,77	0,01	0,73	0,76	2,29	15
22	0,03	0,67	0,00	0,74	0,67	2,11	11
23	0,05	0,62	0,01	0,75	0,68	2,10	10
24	0,03	0,73	0,01	0,76	0,73	2,26	14
25	0,05	0,60	0,02	0,77	0,37	1,80	5

*- 22 позиция имеет преимущество (лучшее место по сумме набранных баллов)

Для уточнения результатов присуждения призового места воспользуемся созданной эмпирическим путем экспертной оценкой значимости каждого взятого для расчетов показателя и заполним табл. 3.

Экспертная оценка получена эмпирическим путем с применением метода структурированного опроса инженеров-конструкторов со стажем работы в конструкторских бюро от 10 лет и больше.

Справка. Для оценки значимости показателя эксперты используют пятибалльную шкалу (Рис. 2):

№	Показатель	Экспертная значимость
1	Квалификация	4
2	Время выполнения одного проекта	5
3	Объем выпущенных А4	4,5
4	Рабочих часов в месяц	3
5	Важность для отдела	2

Рисунок 2. Пятибалльная шкала

Взвесим данные из матрицы квадратов по бальной оценке каждого показателя и просуммируем полученные данные по каждому изучаемому инженеру (по строке). Например, по инженеру с порядковым номером 1:

$$0,17 \cdot 4 + 1,00 \cdot 5 + 0,07 \cdot 4,5 + 0,9 \cdot 3 + 1,00 \cdot 2 = 9,60 \quad (2)$$

Таблица 3.

Матрица взвешенных величин

Инженер	Показатели эффективности			Динамика		Сумма баллов	Ранжирование
	Квалификация	Время выполн. проекта	Объем выпущ. Ф.А4	Рабочих часов в месяц	Важность для отдела		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,12	5	0,05	2,43	2	9,60	23
2	0,32	3,75	0,09	2,31	0,54	7,01	11
3	0,6	2,7	0,23	2,28	0,2	6,01	3
4	0,8	1,9	0,41	2,25	0,1	5,46	1
5	1,48	1,6	0,95	2,22	0,04	6,29	5
6	2,4	1,2	1,94	2,13	0,02	7,69	16
7	3,16	1	3,51	2,46	0,02	10,15	24
8	4	1	4,50	2,49	0,02	12,01	25
9	0,12	4,9	0,00	1,26	1,96	8,24	21
10	0,12	3,9	0,05	2,52	1,56	8,15	19
11	0,2	3,35	0,09	2,55	0,72	6,91	8
12	0,12	4	0,05	2,43	1,6	8,20	20
13	0,12	4	0,05	2,73	1,6	8,50	22
14	0,2	3	0,05	2,19	0,68	6,12	4
15	0,12	3,6	0,05	2,28	1,44	7,49	14
16	0,12	3,9	0,05	2,43	1,56	8,06	18
17	0,32	2,9	0,14	3	0,42	6,78	7
18	0,12	3	0,05	2,58	1,2	6,95	9
19	0,12	3,6	0,05	2,13	1,44	7,34	13
20	0,2	2,6	0,09	2,16	0,58	5,63	2
21	0,12	3,85	0,05	2,19	1,52	7,73	17
22	0,12	3,35	0,00	2,22	1,34	7,03	12
23	0,2	3,1	0,05	2,25	1,36	6,96	10
24	0,12	3,65	0,05	2,28	1,46	7,56	15
25	0,2	3	0,09	2,31	0,74	6,34	6

Сравним призовые места, рассчитанные без экспертной оценки показателей, с призовыми местами, рассчитанными с учетом экспертной оценки, и заполним табл. 4.

Таблица 4.

Сравнительные данные призовых мест

Инженер	Призовое место, (лучшее место: 25)	
	Без учета экспертной оценки	С учетом экспертной оценки по методу Делфи
1	2	3
1	21	23
2	6	11
3	2	3
4	1	1
5	3	5
6	9	16
7	20	24
8	22	25
9	17	21
10	18	19
11	8	8
12	18	20
13	19	22
14	4	4
15	13	14
16	16	18
17	7	7
18	10	9
19	12	13
20	2	2
21	15	17
22	11	12
23	10	10
24	14	15
25	5	6

Коэффициент корреляции инженеров исходя из суммы присвоенных баллов равен 0,972025.

Зависимость полученных данных можно рассмотреть на графике снизу:

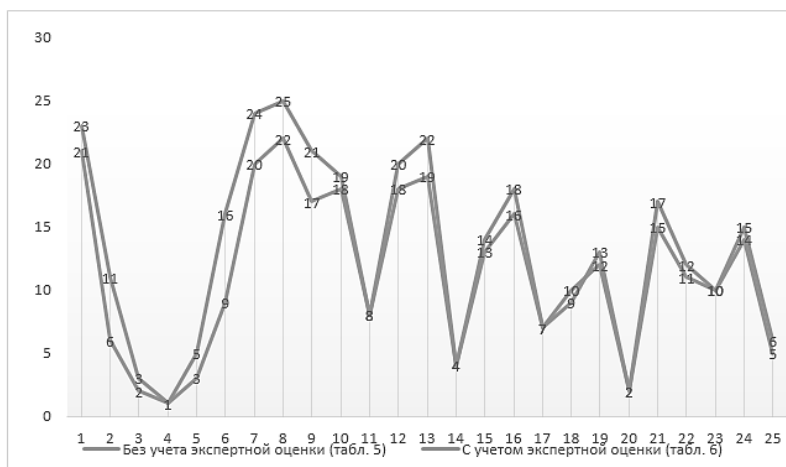


Рисунок 3. Корреляция полученных данных

Для продолжения работы по данной тематике проведем оценку узких мест в работе КБ, чтобы выявить наиболее загруженные группы с учетом квалификации участников и сложности выполняемых проектов. Это обнажит потенциально опасное соотношение квалификации и уровня сложности выполняемого проекта индивидуально по каждому сотруднику. Для оценки наиболее загруженных групп будет использована методика временных рядов. Она позволит увидеть какой из групп достается больше других заданий с повышенной сложностью. Имея в распоряжении статистические данные по производительности КБ за прошедший период, авторы на основе небольшой выборки рассчитают максимально возможную производительность на аналогичный период при условии, что состав конструкторов не будет изменяться по параметру квалификация в сторону снижения значения. На основании интегральной оценки результативности специалистов они будут составляться по зонам ответственности исходя из приоритета текущих задач и сроков выполнения проектов в КБ. Это позволит обходиться минимальным количеством человек на один проект. А соотношение с реальными возможностями конструктора позволят экономить до 10-

15% от фактически затрачиваемого времени на сегодняшний день при распределении работ по принципу свободный специалист получает ближайший по сроку сдачи проект.

Вывод

Для проведения сравнительной оценки 25 инженеров использовано пять оценочных показателей. Расчеты, проведенные с использованием метода математического анализа, показали, что более точное распределение мест дал анализ данных с применением экспертной оценки (метод Дельфи), где учтена значимость показателей, используемых для сравнительной оценки показателей инженеров.

Из проведенного факторного анализа показателей эффективности инженерных специалистов видно, что различие переменных можно сгладить с помощью нормирования и центрирования входящих данных. Это позволяет нам применять факторный анализ как метод исследования связей между случайными величинами на примере конструкторского бюро. При этом в сравнении с методом квадратов распределение имеет адекватное отклонения в сторону точности значений за счет более тонкой настройки.

Список литературы:

1. Бальжинов А.В., Михеева Е.В. Анализ и диагностика финансово хозяйственной деятельности предприятия. Учебное пособие - Улан-Удэ 2003.
2. [https://ru.wikipedia.org/Факторный анализ](https://ru.wikipedia.org/Факторный_анализ) (дата обращения 01.05.2019)
3. <http://www.market-journal.com/ekoanaliz/60.html> (дата обращения 02.05.2019)
4. Нефёдов С.А.: Факторный анализ исторического процесса. - М.: Территория будущего, 2008
5. К задачам ПЛГ ВС на основе мониторинга их ресурсного состояния. Ю.М. Чинючин, Н. Ойдов – МГТУ ГА, 2017

1.2. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

КОММУТАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО С ПАРАЛЛЕЛЬНО-КОНВЕЙЕРНОЙ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЕЙ ПАКЕТОВ ДЛЯ МАТРИЧНЫХ МУЛЬТИПРОЦЕССОРОВ

Зотов Игорь Валерьевич

*д-р техн. наук, проф., Юго-Западный государственный университет,
РФ, г. Курск*

Мохаммед Ажмаль Джамиль Абдо

*аспирант, Юго-Западный государственный университет,
РФ, г. Курск*

Igor Zotov

*full Doctor of Engineering Sciences, Full Professor,
Southwest State University,
Kursk, Russia*

Mohammed Agmal Gamil Abdo

*PhD Student, Southwest State University,
Kursk, Russia*

Аннотация. Рассмотрена задача совершенствования архитектуры коммутационных устройств матричных мультипроцессоров. Предложена структурно-функциональная организация коммутационного устройства с буферизованным матричным переключателем, реализующего новый параллельно-конвейерный способ диспетчеризации пакетов с учетом времени их пребывания в буферах. Показано преимущество устройства перед аналогами по пропускной способности на 1.2-3.8% и по вносимой задержке до 5 раз.

Abstract. The problem of developing an enhanced packet switch architecture for mesh-connected multiprocessors is considered. The structural and functional organization of a buffered crossbar switch with a novel parallel pipelined packet scheduler taking into account the time packets waste being locked in the buffers is proposed. The switch is shown

to attain 1.2-3.8% higher throughput and up to 5 times lower delay compared to similar crosspoint-buffered devices.

Ключевые слова: матричный мультипроцессор; коммутатор пакетов; буферизованный переключатель; параллельно-конвейерная диспетчеризация.

Keywords: mesh-connected multiprocessor; packet switch; buffered crossbar; parallel pipelined packet scheduling.

Матричные мультипроцессоры (ММП) – один из перспективных подклассов параллельных вычислительных систем, способных эффективно решать как отдельные сложные сильно связанные задачи, так и комплексы независимых или слабо связанных задач [1]. В основе архитектуры ММП лежит множество идентичных процессорных модулей (ядер), объединенных коммуникационной сетью с матричной топологией [2-6].

Коммуникационная сеть (КС) является важнейшей составляющей матричного мультипроцессора. От ее пропускной способности и вносимой задержки зависит время передачи данных между процессорами (коммуникационная задержка), длительность циклов обращения к распределенной памяти, что непосредственно влияет на производительность ММП. КС ММП представляет собой матрицу идентичных коммутационных устройств, каждое из которых соединено со своими ближайшими соседями согласно топологической структуре сети.

Коммутационные устройства (КУ), применяемые в современных мультипроцессорах, чаще всего используют режим пакетной коммутации (packet switching) [2, 4, 6], реже – схемную коммутацию (circuit switching), отдельно либо как дополнение к пакетной коммутации [7, 8]. Наиболее распространенными способами построения КУ ММП являются коммутаторы с виртуальными выходными очередями (virtual output queued switch – VOQ-коммутатор), позволяющие достичь максимума пропускной способности [9, 10]. Интересным решением также является коммутатор с простыми (не-VOQ) входными FIFO-буферами и буферизованным выходным матричным переключателем [11, 12]. Он обладает на порядок меньшей аппаратной сложностью по сравнению с VOQ-коммутаторами, но, тем не менее, обеспечивает асимптотическую пропускную способность до 100% для многих видов входящего трафика. Кроме того, он не требует повышенной скорости работы переключателя, что является необходимым условием стабильной работы VOQ-коммутаторов без буферизации коммутирующей части. В

данной работе рассматривается разновидность такого коммутационного устройства.

Предлагаемое КУ отличается использованием нового способа параллельно-конвейерной диспетчеризации пакетов с учетом времени их пребывания в буферной памяти. Теоретические основы построения устройства, а также некоторые результаты исследования его характеристик изложены в работах [13-15]. В настоящей статье обсуждаются ранее не публиковавшиеся результаты сравнительной оценки пропускной способности (throughput) и задержки (delay) разработанного КУ. В качестве ближайших аналогов взяты коммутаторы с буферизованным переключателем, реализующие равновероятную (BS-uniform) и круговую (BS-round-robin) диспетчеризацию пакетов [11, 12].

Структурная схема разработанного устройства изображена на рис. 1.

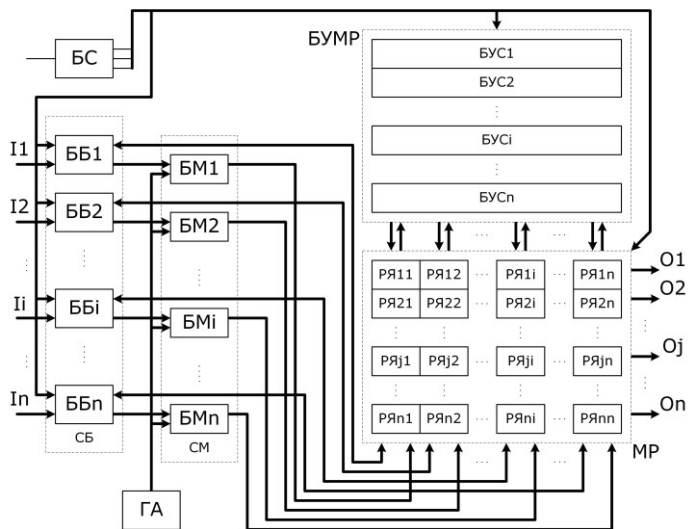


Рисунок 1. Структурная схема разработанного КУ

Устройство содержит n буферных блоков – FIFO-буферов (ББ1, ББ2, ..., ББ n), где n – число входов/выходов КУ), составляющих входной слой буферизации (СБ), n блоков маршрутизации (БМ1, БМ2, ..., БМ n), образующих слой маршрутизации (СМ), матрицу регистров (МР) – буферизованный переключатель, объединяющий $n \times n$ регистровых ячеек (РЯ11, РЯ12, ..., РЯ1 i , РЯ1 n , РЯ21, РЯ22, ..., РЯ2 n , ..., РЯ i 1, РЯ i 2, ..., РЯ i j , ..., РЯ i n , РЯ n 1, РЯ n 2, ..., РЯ n i , ..., РЯ n n), блок управления матрицей регистров (БУМР), содер-

жащий n независимых блоков управления строками МР (БУС1, БУС2, ..., БУС n), генератор адреса (ГА) и блок синхронизации (БС).

Назначение блоков разработанного КУ заключается в следующем. Буферный блок ББи ($i = \overline{1, n}$) необходим для организации очереди пакетов, приходящих на вход I_i . Блок маршрутизации БМи ($i = \overline{1, n}$) используется для определения номера выхода O_j ($j \in \{1, 2, \dots\}$), на который следует выдать пакет из ББи согласно заданному алгоритму маршрутизации. Матрица регистров (МР) обеспечивает временную буферизацию и перераспределение множества пакетов, поступающих из ББ1, ББ2, ..., ББ n , на выходы O_1, O_2, \dots, O_n в соответствии с разработанным способом диспетчеризации пакетов. Блок управления матрицей регистров (БУМР) обеспечивает согласованное функционирование матрицы регистров, ее взаимодействие со слоем буферизации. Генератор адреса (ГА) необходим для формирования адреса текущего устройства в топологической структуре ММП. Блок синхронизации (БС) предназначен для координации работы всех остальных блоков устройства.

Устройство работает циклами, каждый из которых включает 4 шага.

1. Определение направлений выдачи пакетов, находящихся в головных регистрах блоков ББи ($i = \overline{1, n}$), согласно заданному алгоритму маршрутизации.

2. Перенос в МР всех пакетов, которым соответствуют свободные регистры, и сдвиг всех очередей в буферных блоках, откуда были считаны пакеты.

3. Анализ способа размещения множества пакетов в МР и почтучное определение порядка их выдачи с учетом продолжительности пребывания в матрице и входных буферах.

4. Выдача выбранного подмножества пакетов из МР на выходы устройства и освобождение соответствующих регистров матрицы.

Исследование функционирования разработанного КУ, оценка его пропускной способности, вносимой задержки и сопоставление полученных оценок с такими же показателями аналогичных коммутаторов выполнялись на основе имитационного моделирования в среде Visual QChart Simulator / PPP Switch Simulator [15]. В ходе машинных экспериментов рассматривались 2 наиболее распространенных варианта входящего трафика: 1) равномерно распределенный трафик Бернулли (Bernoulli uniform traffic); 2) асимметричный трафик Бернулли (hot spot Bernoulli traffic). Число входов/выходов устройства n и параметр распределения Бернулли p , определяющий интенсивность трафика, варь-

ировались. Значения n выбирались из диапазона от 5 до 1000, что соответствует как практически значимым, так и перспективным случаям; значения p брались в пределах от 0.1 до 1 с шагом 0.1.

На рис. 2 изображены полученные в результате экспериментов графики зависимости пропускной способности КУ ξ от числа входов/выходов n (при малых n). Анализ полученных зависимостей показывает, что минимальная пропускная способность разработанного устройства составляет около 0.78 и соответствует $n=5$ (случаи $n < 5$ не принимались во внимание, поскольку не свойственны мультипроцессорам рассматриваемого класса). Согласно рис. 2, при малых n пропускная способность КУ примерно на $1.2 \div 2.5$ выше, чем у коммутаторов с равновероятной (BS-uniform) и круговой (BS-round-robin) диспетчеризацией пакетов.

На рис. 3 представлены графики зависимости пропускной способности КУ ξ от n при $100 \leq n \leq 1000$. Поскольку ошибка малой выборки при $\alpha = 0.02$ составила менее 1%, планки погрешностей на рис. 3 условно не показаны. Из рис. 3 видно, что при больших n преимущество разработанного КУ ощутимо выше, чем при малых n , и увеличивается до $2.5 \div 3.2\%$ перед коммутатором с равновероятной диспетчеризацией (BS-uniform) и до $3.5 \div 3.8\%$ перед устройством с круговой диспетчеризацией (BS-round-robin).

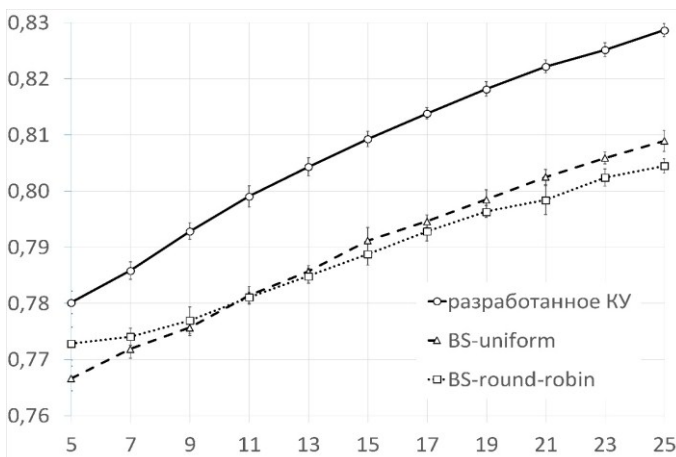


Рисунок 2. Графики зависимости пропускной способности КУ ξ от числа входов/выходов n для практически значимых n (погрешности соответствуют $\alpha = 0.02$)

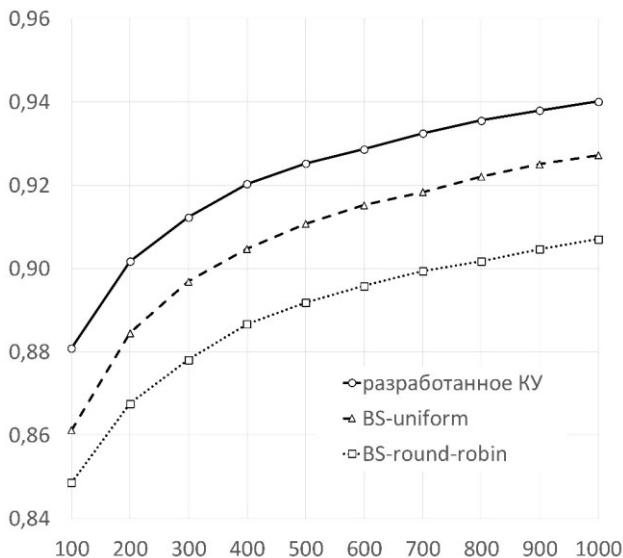


Рисунок 3. Графики зависимости пропускной способности КУ ξ от числа входов/выходов n при больших n

На рис. 4 и 5 приведены графики зависимости средней задержки КУ τ (в тактах, равных времени прохождения пакета со входа на выход КУ без учета времени нахождения в буферах) от параметра распределения Бернулли p при $n=15$ и $n=25$ соответственно (поскольку погрешности малой выборки составили менее 1%, для упрощения планки погрешностей не показаны). Из представленных графиков видно, что при малой ($p \leq 0.6$) интенсивности потоков пакетов разработанное устройство не имеет преимуществ по величине задержки перед аналогами, однако уже при $p=0.7$ наблюдается выигрыш в $10 \div 20\%$. Наибольшее преимущество устройства достигается при $p=0.8$ и составляет примерно до 5 раз.

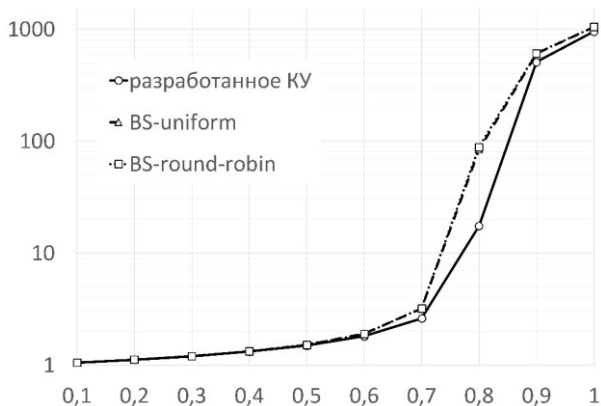


Рисунок 4. Графики зависимости средней задержки КУ τ (в тактах) от параметра распределения Бернулли p при $n = 15$

В ходе машинного эксперимента также было проведено детальное изучение поведения задержки разработанного устройства τ_{ppp} при различном числе его входов/выходов n . В результате были получено семейство графиков, приведенных на рис. 6 (за единицу измерения здесь взят микротакт – один период следования импульсов встроенного генератора в составе БС, равный 1/3 такта).

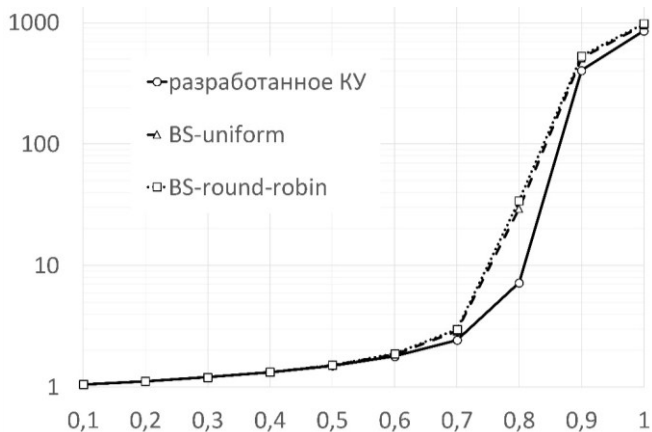


Рисунок 5. Графики зависимости средней задержки КУ τ (в тактах) от параметра распределения Бернулли p при $n = 25$

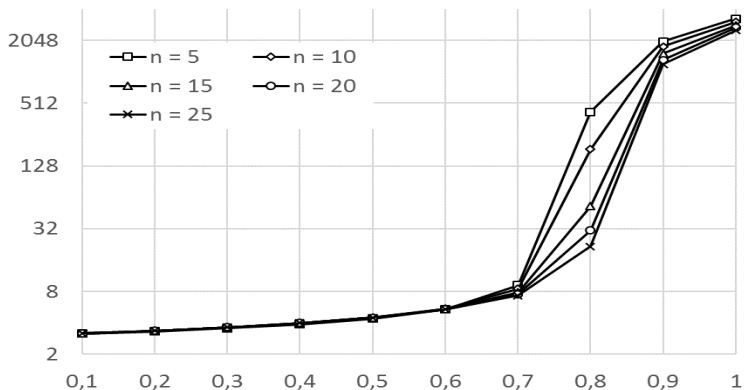


Рисунок 6. Графики зависимости задержки прохождения пакета через КУ τ_{ppp} от параметра p распределения Бернулли для $n \in \{5, 10, 15, 20, 25\}$

Из рис. 6 видно, что при $p \leq 0,7$ задержка τ_{ppp} практически не зависит от числа входов/выходов КУ и изменяется от минимального значения $\tau_{ppp}^{\min} \approx 3,16$ микротактов ($p = 0,1$) до $\tau_{ppp}^{\max} \approx 8$ микротактов ($p = 0,7$). Дальнейшее увеличение параметра p приводит к резкому повышению τ_{ppp} , которое будет тем резче, чем меньше значение n . Однако установлено, что кратковременное повышение p до уровней выше $0,7 \div 0,8$ (hot spot Bernoulli traffic) вполне допустимо и будет приводить лишь к небольшому временному повышению длины очередей пакетов и величины τ_{ppp} , которые затем стабилизируются при снижении нагрузки на КУ.

Проведенные машинные эксперименты также показывают, что в достаточно широком диапазоне значений интенсивности входящих потоков пакетов ($p \leq 0,7$) полное время прохождения пакета через КУ практически не зависит от числа входов/выходов n и не превышает $8 \div 9$ микротактов. При работе устройства на частоте 2 ГГц указанное время составило бы не более $4,0 \div 4,5$ нс, что отвечает скоростным требованиям современных ММП [2-6].

Список литературы:

1. A.A. Jerraya, W. Wolf. Multiprocessor Systems-on-Chips. – San Francisco: Elsevier Inc., 2005. – 608 p.

2. D. Wentzloff, P. Griffin [et al]. On-Chip Interconnection Architecture of the Tile Processor // IEEE Micro, Vol. 27, no. 5, pp. 15-31, Sept.-Oct. 2007.
3. S.R. Vangal, J. Howard [et al]. An 80-Tile Sub-100-W TeraFLOPS Processor in 65-nm CMOS // IEEE J. Solid-State Circ., Vol. 43, no. 1, pp. 29-41, Jan. 2008.
4. J. Howard, S. Digne [et al]. A 48-Core IA-32 Processor in 45 nm CMOS Using On-Die Message-Passing and DVFS for Performance and Power Scaling // IEEE J. Solid-State Circ., Vol. 46, no. 1, pp. 173-183, Jan. 2011.
5. M. McKeown, Y. Fu [et al]. Piton: A Manycore Processor for Multitenant Clouds // IEEE Micro, Vol. 37, no. 2, pp. 70-80, Mar.-Apr. 2017.
6. A. Olofsson. Epiphany-V: A 1024 Processor 64-bit RISC System-on-Chip / Adapteva, Inc. URL: https://www.parallella.org/docs/e5_1024core_soc.pdf (дата обращения: 24.07.2019).
7. P. Lotfi-Kamran, M. Modarressi, H. Sarbazi-Azad. An Efficient Hybrid-Switched Network-On-Chip for Chip Multiprocessors // IEEE Trans. Comput., Vol. 65, no. 5, pp. 1656-1662, 2016.
8. M. FallahRad, A. Patooghy, H. Ziaeeziabari, E. Taheri. CirKet: A Performance Efficient Hybrid Switching Mechanism for NoC Architectures / 2016 Euromicro Conference on Digital System Design (DSD), 31 Aug.-2 Sept. 2016, pp. 123-130.
9. L. Deng, W.S. Wong [et al]. Delay-Constrained Input-Queued Switch // IEEE J. Selected Areas Commun., Vol. 36, no. 11, pp. 2464-2474, 2018.
10. S. Durkovic, Z. Cica. Birkhoff-Von Neumann Switch Based on Greedy Scheduling // IEEE Comput. Archit. Letters, Vol. 17, no. 1, pp. 13-16, 2018.
11. M. Nabeshima. Performance Evaluation of a Combined Input- and Crosspoint-Queued Switch // IEICE Trans. Commun., Vol. E83-B, pp. 737-741, 2000.
12. M. Lin, N. McKeown. The Throughput of a Buffered Crossbar Switch // IEEE Commun. Let., Vol. 9, no. 5, pp. 465-467, 2005.
13. Зотов И.В., Мохаммед Ажмаль. Метод параллельно-конвейерно-параллельной коммутации пакетов для матричных мультипроцессоров // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2018. Т.8, №3 (28). С. 6-15.
14. Мохаммед А.Д., Зотов И.В., Передельский Г.И. Метод и алгоритм параллельно-конвейерно-параллельной коммутации пакетов в мультипроцессорах // Известия ВУЗов. Приборостроение. 2019. Т.62, №6. С. 524-533.
15. Мохаммед А.Д., Зотов И.В. Исследование пропускной способности параллельно-конвейерно-параллельного коммутационного устройства // Телекоммуникации. 2019. №6. С. 2-9.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ РЕАЛИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Гришмановский Павел Валерьевич

кан. техн. наук, доцент, Сургутский государственный университет,
РФ, г. Сургут

Гришмановская Ольга Николаевна

преподаватель, аспирант, Сургутский государственный университет,
РФ, г. Сургут

EXPERIENCE IN THE USE OF E-LEARNING RESOURCES IN A PRACTICAL-ORIENTED IMPLEMENTATION OF THE DISCIPLINE

Pavel Grishmanovsky

Ph.D., Associate Professor, Surgut State University,
Russia, Surgut

Olga Grishmanovskaya

lecturer, postgraduate, Surgut State University,
Russia, Surgut

Аннотация. В данной статье представлен опыт применения системы управления обучением Moodle при разработке электронного образовательного ресурса для практико-ориентированной учебной дисциплины. Предложен подход к построению практико-ориентированной дисциплины и оцениванию достижений студентов. Обозначены ключевые проблемы реализации предложенного подхода в среде Moodle.

Abstract. This article presents the experience of using the Moodle learning management system in developing an e-learning resource for a practice-oriented educational discipline. An approach to building a practical-oriented discipline and assessing the achievements of students is proposed. Key problems of implementing the proposed approach in the Moodle environment are identified.

Ключевые слова: цифровизация образования; инженерное образование; электронные образовательные ресурсы; практико-ориентированное обучение; компетенция.

Keywords: digitalization of education; engineering education; e-learning resources; practical-oriented training; competence.

Стремительное развитие цифровых технологий дает возможности качественных улучшений практически во всех областях человеческой деятельности, но, с другой стороны, формирование информационного общества влечет и изменение сознания людей, что наиболее характерно для молодого поколения, выросшего в среде интенсивного информационного воздействия. Одной из черт является так называемое клиповое мышление как способ восприятия и обработки информации, неспособность длительно концентрироваться на одной задаче [1, 2].

Также отмечено значительное несоответствие между ожиданиями абитуриента, поступающего на образовательные программы инженерных направлений, образовательным процессом по этим программам и реальной инженерной деятельностью [3, 4].

В таком контексте традиционные образовательные технологии становятся малоэффективными для студентов, ориентированных на конкретные задания и быстрый конечный результат, в отличие от обучения в естественной для современных молодых людей динамичной и информационно прозрачной среде. В работе [5] показано, что именно смешанное обучение с применением электронных образовательных ресурсов обладает большим потенциалом для создания новых способов использования цифровых технологий в инженерном образовании, целью которых является не только повышение эффективности обучения, но и формирование у студентов профессиональных, информационных и самообразовательных компетенций.

Кроме того, авторы [6] отмечают, что значительная часть студентов, поступающих на инженерные направления подготовки, не мотивирована к профессиональной деятельности в выбранной области. Это сказывается на качестве подготовки инженерных кадров и требует поиска таких подходов к проектированию и реализации образовательных программ, которые будут адекватны сложившемуся состоянию в системе образования. Принятый компетентностный подход ориентирует современное образование на целенаправленную подготовку студентов к применению полученных знаний в условиях профессиональной деятельности и направлен на комплексное освоение знаний и способов практической деятельности в профессиональной области [7]. Таким образом, результатом обучения как по образовательной про-

грамме в целом, так и при освоении каждой отдельной дисциплины, является продемонстрированная студентом способность решать задачи профессиональной сферы.

По мнению авторов данной работы, эффективная с точки зрения достижения планируемых результатов обучения реализация учебной дисциплины в форме смешанного обучения с применением электронных образовательных ресурсов и средств управления образовательным контентом базируется на оптимальном балансе между степенью ожидаемой от студентов самостоятельности выполнения учебных заданий и степенью контроля результатов их выполнения, полученных лично студентом.

Высокая степень запланированной самостоятельности, присущая дистанционной форме обучения, приводит, с одной стороны, к снижению успешности освоения дисциплины из-за отсутствия навыков самостоятельной работы у студентов младших курсов и сложности разрешения затруднений, возникающих при освоении дисциплины, а с другой – к необходимости увеличения объема средств оценки результатов освоения дисциплины, полученных лично студентом, как степени сформированности компетенций, для исключения недобросовестного подхода к учебной деятельности, что требует, в свою очередь, либо увеличения объема контактной работы, что свойственно традиционной очной форме, либо привлечения специальных технических средств и реализации организационных мер, направленных на подтверждение подлинности представляемых результатов.

Учитывая отмеченные тенденции и собственные выводы на основании предварительного анализа, авторы предприняли попытку трансформации учебной дисциплины с целью повышения мотивации студентов, объективности оценки полученных компетенций и, как следствие, качества достигаемых результатов обучения по отношению к запланированным при разработке образовательной программы. При этом в качестве основных принципов трансформации были выделены следующие:

- обеспечить адаптивность дисциплины по отношению к индивидуальным особенностям познавательной деятельности студентов;
- перенести акцент в оценке успешности освоения дисциплины на практические компетенции, демонстрируемые в течение обучения;
- дать студентам объективную информацию об объеме работ и порядке их оценивания и об индивидуальном прогрессе освоения дисциплины в любой момент времени.

Реализация электронного образовательного ресурса по дисциплине в соответствии с отмеченными принципами выполнена в системе управления обучением LMS Moodle, используемой в Сургутском государственном университете. Без применения подобной системы реализовать подход, представленный ниже, крайне затруднительно в силу большой трудоемкости и высокой вероятности ошибок при расчете оценок.

Свободно распространяемая по лицензии GNU GPL среда Moodle – модульная объектно-ориентированная динамическая обучающая среда – стала наиболее популярной во всём мире электронной средой в сфере образования в течение последних лет и в настоящее время виртуальная рассматривается как эффективный способ обучения в высшей школе [8], ее используют в учебном процессе более двухсот университетов в России и почти пятьдесят тысяч организаций из более чем двухсот стран мира.

Широкое распространение Moodle обусловлено такими ее свойствами, как широкими возможностями масштабирования от единиц до сотен тысяч обучаемых, возможностью использования в качестве платформы для создания полностью онлайн-курсов, смешанного и дистанционного обучения, наличием набора функциональных элементов курса (лекции, тесты, задания, форумы, базы данных, словари и др.), возможностями создания среды для обмена информацией между всеми участниками образовательного процесса и интеграции с другими системами (например, посредством пакетов SCORM), наличие системы оценки результатов освоения отдельных элементов и курса в целом. Кроме того, интерактивность среды предусматривает как синхронное, так и асинхронное взаимодействие, благодаря чему может существенно увеличиваться степень усвоения учебного материала в силу более интересного и динамичного построения образовательного процесса [9].

При этом, концепция Moodle не связана непосредственно с отказом от традиционных форм обучения. Напротив, возможности электронной среды используются дополнительно к уже существующим формам обучения, создавая форматы смешанного и дистанционного обучения [10].

Именно возможности реализации модели смешанного обучения в рамках очной и заочной форм стали определяющими при выборе среды Moodle, однако, авторы столкнулись и с рядом недостатков этой среды в ходе трансформации дисциплины, опыт которой представлен в данной работе. Эти недостатки связаны со сложностью реализации адаптивного характера учебных элементов и иерархической структуры

курса, организации многопоточного обучения и версионности материалов курса, отсутствием унификации механизмов оценки освоения элементов курса, трудностями с наглядным представлением результатов обучения и др.

Дисциплина «Программирование и основы алгоритмизации» преподается в 1 и 2 семестре для студентов 1 курса бакалавриата направлений «Управление в технических системах» и «Программная инженерия» и нацелена на формирование навыков анализа, формализации и решения задач средствами языка программирования высокого уровня С («Си»). При этом особый акцент делается на различиях в стандартах этого языка и его отличии от С++, что крайне важно для современного специалиста в областях как системного и технологического, так и прикладного программирования с точки зрения эффективного использования ресурсов вычислительных систем в условиях жестких ограничений. Учитывая, что программирование в целом является прикладной областью, призванной решать задачи, возникающие в других областях человеческой деятельности, эта и подобные ей дисциплины должны быть ориентированы на получение компетенций, связанных с практическим применением полученных знаний, тогда как наличие знаний само по себе бесполезно без умения применять их для анализа задач и формализации их решения, разработки, тестирования и документирования программного обеспечения.

Работа в течение семестра представляет собой логическую последовательность действий, направленную на формирование и развитие необходимых практико-ориентированных компетенций и их демонстрацию во время экзамена (рис. 1). Освоение каждого раздела, соответствующего теме дисциплины, включает, наряду с традиционными (аудиторными) лекциями, ознакомление с материалами в электронной форме (электронными лекциями) и подтверждение полученных знаний при выполнении тестов и практических заданий. Эта часть работы студента имеет репродуктивный характер и направлена на формирование и закрепление знаний и практических навыков – знать назначение и синтаксис элементов и конструкций языка программирования и уметь их использовать.

Адаптивный характер освоения этих элементов может быть реализован как за счет предоставления студенту альтернативных материалов, эквивалентных в содержательной части, но отличающихся детальностью или характером изложения, так и предоставлением практических заданий, уровень сложности которых зависит от степени сформированности необходимых компетенций, проявленной при выполнении предшествующих заданий.

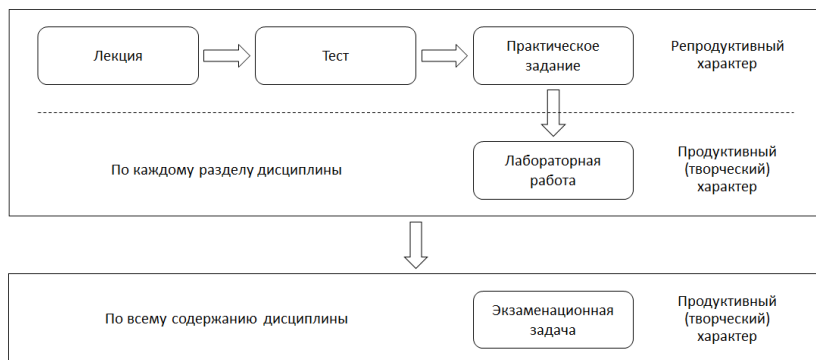


Рисунок 1. Схема формирования и оценки сформированности компетенций

В первом случае, основой является элемент «Лекция», дополняющий материал, рассмотренный во время аудиторного занятия по соответствующей теме. Такая лекция завершается одним или несколькими контрольными вопросами или заданиями, в зависимости от правильности ответа на которые предоставляется дополнительный фрагмент, содержащий более детальное или альтернативное изложение части материала.

Понятийных уровней изложения может быть несколько, но контроль обязателен на каждом из них, причем на наиболее детальном уровне производится либо возврат к началу соответствующего раздела, либо переход к материалам, внешним по отношению к данному образовательному ресурсу, либо, если это допустимо, вывод о завершении элемента курса с неудовлетворительной оценкой (рис. 3).

С той же целью может быть использован «мягкий» тест в режиме обучения, предлагающий пояснения в случае неправильного ответа, с возможностью его многократного прохождения, однако, элемент «Тест» не позволяет запрограммировать маршрут и акцент может быть сделан, скорее, на принципе «количество переходит в качество». Также возможно и опциональное предоставление дополнительных материалов, ориентированных на более высокий исходный уровень сформированности необходимых компетенций. При завершении одного элемента и переходе к следующему, «базовый» (начальный) уровень может быть выбран с учетом характера выполнения предшествующих элементов, чем обуславливается адаптивность предоставления материалов и формирование индивидуального маршрута на уровне курса в целом.

Однако, сложность адаптивного построения элемента «Лекция» заключается в том, что необходимо оценить не только степень овладения компетенцией, но и характер освоения элемента, обусловленный индивидуальными особенностями познавательной деятельности студента – использованием материалов более детального уровня изложения, предпочтение структурированного формализованного описания или рассмотрения конкретных примеров, преобладающее использование текстовых и графических форм или видеоматериалов и др. Элементы Moodle не содержат встроенных функций для реализации подобной логики.

Практические задания по теме также имеют преимущественно репродуктивный характер и не требуют существенных знаний в какой-либо предметной области или выполнения работ поискового и исследовательского характера. Сложность всех вариантов задания примерно одинакова, но обязательным требованием является самостоятельное выполнение задания, поэтому каждое практическое задание выполняется в соответствии с индивидуальным вариантом и в контролируемых условиях – в компьютерном классе в пределах предоставленного времени во время аудиторного занятия. При этом студентам полностью доступны как ресурсы электронного курса, так и любые информационные ресурсы в локальной сети университета и глобальной сети Интернет за исключением социальных сетей и облачных хранилищ. Работа оценивается по системе «зачтено»/«не зачтено» и результат должен удовлетворять двум условиям: программа должна работать и соответствовать заданию. В случае неуспешного выполнения предоставляется следующая попытка, как правило на следующем занятии.

В результате выполнения практического задания студент представляет программный код, правильность которого легко проверить путем сопоставления результатов его исполнения с эталонными, но в среде Moodle запуск сторонних программ (транслятора, проверяемой и эталонной программы) и анализ их вывода представляет собой определенную техническую проблему. Кроме того, результат в виде файла исходного кода может быть предоставлен для проверки посредством элемента «Задание» или при использовании тестового задания типа «Эссе» в элементе «Тест». В первом случае функции элемента не предусматривают автоматическую генерацию номера варианта, уникального в пределах студенческой группы. Во втором – возможна генерация случайного варианта, но без условия уникальности, а представленные ответы не отображаются в разделе «Работы на проверку». Таким образом, на данный момент выдача варианта осуществляется случайным образом, предоставление ответа – посредством элемента

«Задание», а его проверка – непосредственно преподавателем путем визуального сопоставления вывода проверяемой и эталонной программ.

Выполнение лабораторных работ по каждой теме имеет продуктивный (отчасти даже творческий) характер и направлено на получение и демонстрацию практических навыков и освоение материала дисциплины через решение практических задач, требует не только знания языковых конструкций, но и конструирования программного кода, применения средств языка программирования для решения предметных задач. Каждая лабораторная работа ориентирована на материал соответствующей темы, например, линейные алгоритмы и построение выражений, итерационные алгоритмы и т.п., и при ее выполнении используется материал предыдущих тем, что способствует его закреплению и освоению в комплексе с вновь изученным. Кроме того, поощряется коммуникация студентов с целью поиска способа решения предметной задачи, анализа возможных вариантов программной реализации с точки зрения их корректности, эффективности и т.п.

Лабораторная работа построена как микропроект и состоит из ряда этапов:

- уточнение и анализ задания, сформулированного в виде предметной задачи, в том числе поиск необходимой для этого информации;
- построение формальных моделей, соответствующих предметной области, таких как математические формулы, чертежи, схемы, алгоритмы решения и т.п., что соответствует этапу проектирования ПО;
- собственно разработка и тестирование программы в соответствии с ограничениями, указанными в задании и методических рекомендациях;
- оформление отчета по результатам выполнения работы, включающего содержание этапов выполнения работы и обоснование принятых решений;
- защита работы как демонстрация навыков презентации и как контроль самостоятельного получения результатов.

Построение индивидуальных маршрутов выполнения лабораторных работ несколько проще в реализации: варианты индивидуальных заданий к каждой лабораторной работе ранжированы по сложности и вариант на следующую работу выдается с учетом характера выполнения предыдущей – чем быстрее и качественнее выполнена предыдущая работа, тем сложнее задание на следующую и наоборот. Такой подход позволяет студентам выполнять работы в индивидуальном

темпе, как с опережением, максимально эффективно развивая компетенции, так и демонстрируя их наличие хотя бы на минимально необходимом уровне. Однако, функция выбора варианта задания также выполняется преподавателем, т.к. элементы среды Moodle не обладают такой логикой. Также элемент «Задание» не позволяет использовать в совокупности несколько оценок (в баллах или шкал) для оценивания одного ответа по нескольким критериям, соответствующим перечисленным выше этапам, а ввод дополнительных элементов оценивания усложняет работу с журналом оценок и другими отчетами.

Для оценки достижений студентов с учетом, в первую очередь, практически продемонстрированных компетенций, предоставления студентам объективной информации об объеме работ, порядке их оценивания и об индивидуальном прогрессе в ходе освоения дисциплины и, как следствие, повышения их мотивированности и самоорганизации, в рамках электронного курса разработана балльная система оценивания (табл. 1). Полученная балльная оценка по дисциплине за каждый семестр визуализируется также в виде буквенной оценки и переводится в традиционную в соответствии с табл. 2. Итоговая оценка включает в себя оценку работы в течение семестра, а наиболее весомой частью является оценка практически достигнутых результатов. Изменение принципов формирования итоговой оценки по дисциплине при наличии четких критериев оценивания и сроков выполнения заданий является организующим фактором и, как следствие, положительно сказывается на мотивации студентов, ответственном подходе к выполнению заданий и систематической работе с материалами дисциплины.

Таблица 1.

Система оценивания работы студентов

Разделы системы оценивания	Максимальная сумма баллов	Содержание раздела (виды работ)
Выполнение заданий в течение семестра	20	Средневзвешенная оценка за работу с электронными лекциями (по 1 б.), выполнение тестов (по 2-3 б.) и практических заданий (по 5 б.)
Выполнение лабораторных работ	40	Средневзвешенная оценка по всем лабораторным работам
Посещение занятий	10	Средневзвешенная оценка за посещение лекций (1/3) и лабораторных работ (2/3)
Экзамен	30	Сумма оценок за практическую (до 2-х задач по 10 б.) и теоретическую (до 10 б. за 2 вопроса экзаменационного билета)

Итого	100	Сумма по всем разделам
Поощрения (дополнительные баллы)	10	Максимум 10 б. от суммы за индивидуальные достижения: участие в мероприятиях, работа в семестре, решение экзаменационной задачи повышенной сложности

Таблица 2.

Соответствие балльных, буквенных и традиционных оценок

Традиционная оценка	Буквенная оценка	Сумма баллов
«отлично»	A+	от 96
	A	от 88
«хорошо»	B+	от 82
	B	от 72
«удовлетворительно»	C+	от 68
	C	от 60
«неудовлетворительно»	D+	от 57
	D	от 50
	F	менее 50

Как видно из табл. 1 и 2, получение положительной оценки по дисциплине возможно уже при выполнении всех учебных заданий на высоком уровне, что само по себе является сильным стимулом для студентов. При этом общим принципом предлагаемой системы оценивания является наличие проходного балла, равного 60% от максимально возможного, как при оценке отдельных заданий и работ, так и при оценке освоения дисциплины. Аналогично, допуск к экзамену осуществляется при преодолении барьера 60% от общей суммы в 70 баллов, которые могут быть получены в течение семестра. Большая часть баллов формируется именно при выполнении практических заданий, что, с одной стороны, стимулирует студентов к этим видам деятельности, а с другой – требует наличия процедур тщательного контроля их выполнения и адекватной оценки результатов.

Работа в течение семестра имеет средневзвешенную общую сумму 20 баллов с учетом весовых коэффициентов 1, 2-3 и 5 соответственно за каждый элемент лекции, теста и практического задания, т.е. наиболее значимыми оказываются практические навыки, продемонстрированные в контролируемых условиях, однако, для этого необходимо также освоить электронные материалы и выполнить тест по теме. Выполнение лабораторной работы, содержание и оформление отчета и защита работы оцениваются комплексно и выставляется одна оценка

от 0 до 10 баллов. Лабораторные работы имеют разные весовые коэффициенты и в общей сложности составляют 40 баллов – наиболее значимую часть в общей оценке всей дисциплины.

В то же время поощряется работа студентов во время аудиторных занятий в связи с выявленной высокой корреляцией успеваемости с посещением занятий. Относительно небольшая величина 10% может иметь решающую роль и для допуска к экзамену, и при переводе балльной оценки в традиционную. Однако, учет посещения занятий в привычной преподавателю компактной табличной форме средствами Moodle затруднителен.

Экзамен в рамках разработанной системы состоит из двух частей, условно названных «практическая» и «теоретическая», и построен таким образом, чтобы воспрепятствовать недобросовестному отношению к освоению дисциплины, при котором студенты нацелены на допуск к экзамену и на сдачу экзамена, а не на получение практических навыков применения изучаемых средств программирования.

Практическая часть экзамена, как и практические задания в семестре, проводится в компьютерном классе в контролируемых условиях, при ограниченном времени и полной доступности ресурсов электронного курса и любых других информационных ресурсов, в том числе в глобальной сети Интернет за исключением социальных сетей и облачных хранилищ. Таким образом, максимально моделируются реальные условия, в которых должны быть продемонстрированы компетенции в области программирования – самостоятельное выполнение работы при наличии технического задания и необходимых информационных ресурсов, которые включают в себя как справочную информацию по языку и средствам программирования, так и ресурсы, соответствующие предметной области. Практическая часть экзамена заключается в решении двух экзаменационных задач, каждая из которых оценивается максимум в 10 баллов при условии работоспособности, корректности, адекватности и соответствия заданию. Студент может получить не более двух задач, причем одну из них повышенной сложности (по своему желанию), успешное выполнение которой оценивается удвоенным количеством баллов (дополнительные баллы начисляются сверх общей суммы 30 баллов за экзамен). Таким образом, даже при выполнении практической части экзамена студент также демонстрирует «знаниевую» компоненту компетенций – синтаксиса и семантики элементов языка, основных определений, терминологии.

Так называемая «теоретическая» часть экзамена представляет собой ответ студента на два вопроса экзаменационного билета и оценивается максимум в 10 баллов, т.е. значительно ниже, чем практическая

часть. При подготовке ответов на экзаменационные вопросы студент может пользоваться только предоставленными справочными материалами («официальными шпаргалками») из числа использовавшихся в работе в течение семестра, что также является элементом формирования и демонстрации профессиональных компетенций в области работы с технической и справочной информацией.

Для учета оценок по каждому элементу экзамена использованы элементы журнала с ручным вводом в силу тех же функциональных ограничений среды Moodle, связанных с генерацией вариантов заданий и представлением ответов. Кроме того, экзамен и практические задания в семестре проводятся в контролируемых условиях, что требует учета фактического присутствия студента в аудитории.

Заключительный компонент разработанной системы – это дополнительные («бонусные») баллы, которые являются поощрением за участие в олимпиадах, чемпионатах, конкурсах, хакатонах и других подобных мероприятиях различного уровня в области информатики и программирования, а также за некоторые достижения при освоении дисциплины.

Деятельность, которая поощряется дополнительными баллами, требует от студента, как правило, дополнительной подготовки, более глубоких знаний и практических навыков в области программирования, однако, во избежание возможной подмены одной деятельности другой, при подведении итогов учитывается максимум 10 дополнительных баллов и, как правило, это имеет решающую роль при получении буквенной оценки с символом «+».

В настоящее время представленная система адаптивной практико-ориентированной организации электронного образовательного ресурса по дисциплине реализована еще не в полной мере в силу технических ограничений, присущих используемой системе Moodle, несмотря на ее распространенность.

В частности, в данной системе невозможна или затруднительна из-за высокой трудоемкости реализация следующих компонентов адаптивного практико-ориентированного курса:

- учет посещаемости занятий студентами;
- ограничение доступа к элементам электронного курса в соответствии с реальным присутствием студентов в аудитории во время занятия по расписанию;
- ограничение доступа к элементам электронного курса, установка сроков выполнения и блокирование изменения оценок в журнале в соответствии с потоком и годом обучения студента;

- раздельная оценка результатов выполнения заданий как степени сформированности компетенций и характера выполнения заданий как проявления особенностей восприятия материала студентом;
- выбор вариантов заданий в зависимости от характера происхождения предшествующих элементов курса;
- автоматизированная проверка программного кода – результатов выполнения практических и экзаменационных заданий.

Кроме этого, работа с журналом оценок и формами отчетов, управление контингентом студентов и др. в среде Moodle не всегда удобно и влечет излишние затраты времени по сравнению с моделью электронных таблиц, таких как Microsoft Excel, Google Spreadsheets и др.

Перечисленные недостатки используемой системы являются основанием для поиска альтернативных систем организации электронных образовательных ресурсов или для разработки технического задания на доработку (модификацию) существующей системы.

Тем не менее, применение разработанного электронного курса авторами выявило готовность и высокий интерес студентов к работе с интерактивными ресурсами и позволяет говорить о повышении мотивации к процессу обучения, ожидании подобной организации учебной деятельности при изучении последующих дисциплин.

Список литературы:

1. Симакова С. И. Клиповизация мышления у молодежи как следствие развития визуальных коммуникаций в СМИ // Знак: проблемное поле медиаобразования. 2017. №2 (24).
2. Семеновских Т. В. Феномен «Клипового мышления» в образовательной вузовской среде // Интернет-журнал Науковедение. 2014. №5 (24).
3. D. Kuzin, A. Zapevalov, I. Shukurova, V. Bezuevskaya, S. Kosenok. Implementation of Mutually Supporting Courses and Project-Oriented Learning in "Software Engineering" Bachelor's Program. // Proceedings of the 14th International CDIO Conference, Kanazawa Institute of Technology, Kanazawa, Japan, June 28 – July 2, 2018.
4. A. Zapevalov, E. Pauk, L. Zapevalova, D. Kuzin, V. Bezuevskaya. The Initial Experience of Educational Programs' Modernization within the CDIO Concept in Surgut State University. // Proceedings of the 14th International CDIO Conference, Kanazawa Institute of Technology, Kanazawa, Japan, June 28 – July 2, 2018.
5. Гончарук Н. П., Хромовав Е. И. Смешанное обучение: особенности проектирования и организации на основе интернет-ресурсов // Инженерное образование. 2018. №24.

6. Соловьёв В. П., Перескокова Т. А. Техническое образование в России: проблемы, пути решения // Инженерное образование. 2018. №24.
7. Цветкова С. Е., Малинина И. А. Проектирование профессионального обучения инженеров в контексте компетентностного подхода // Инженерное образование. 2018. №23.
8. Использование электронной образовательной среды Moodle в создании интерактивных курсов нового поколения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-elektronnoy-obrazovatelnoy-sredy-moodle-v-sozdanii-interaktivnyh-uchebnyh-kursov-novogo-pokoleniya>
9. Официальный сайт электронной образовательной среды Moodle. Режим доступа: <https://moodle.org>
10. Солдаткин В.И. Online-университет на базе LMS Moodle / В.И. Солдаткин, С.Л. Лобачев // Высшее образование в России. – 2009. – № 9. – 56 – 65.

ОСОБЕННОСТИ ОСНОВНЫХ ПОДХОДОВ К ФОРМАЛИЗАЦИИ И ПОСТРОЕНИЮ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Назаров Евгений Владимирович

*преподаватель, Сургутский государственный университет,
РФ, г. Сургут*

FEATURES OF THE MAIN APPROACHES TO FORMALIZATION AND CREATION OF A MAIN EDUCATIONAL PROGRAM

Yevgeniy Nazarov

*university lecturer, Surgut State University,
Russia, Surgut*

Аннотация. В статье рассматриваются основные подходы к формализации представления основной образовательной программы. Особое внимание при этом уделяется формализации с применением онтологий. Проведенный сравнительный анализ всех рассмотренных подходов по различным критериям, позволил выявить их сильные и слабые стороны относительно друг друга и онтологического подхода, в частности.

Abstract. The article discusses the main approaches to formalization of submission of a main educational program. Special attention at the same time is paid to formalization with application of ontologies. The carried-out comparative analysis of all considered approaches by various criteria, allowed to reveal their strengths and weaknesses relatively each other and ontologic approach, in particular.

Ключевые слова: формализованное представление; формализация; онтология; основная образовательная программа; компетенция; модель.

Keywords: the formalized submission; formalization; ontology; main educational program; competence; model.

Проблема получения формализованного представления описания как самой образовательной программы, так и элементов, из которых она образовывается, существует уже достаточно давно. В связи с этим в различных научных изданиях можно найти немалое количество разнообразных подходов к её решению, в том числе и с использованием онтологий. Далее будут рассмотрены некоторые из возможных вариантов. Особое внимание при этом будет уделено следующим аспектам (при наличии их отражения в тексте источника):

- способ формализации образовательной программы, компетенции, дисциплины;
- наличие опоры на компетенции при формализации и путей определения прогресса формирования компетенции;
- возможность построения индивидуальной образовательной траектории;
- наличие критериев для определения оптимальной последовательности освоения дисциплин.

В [1] представлен подход к формализации определения компетентностей, формируемых отдельно взятой дисциплиной. Он осуществляется через набор конечных компетенций, каждая из которых формируется другими компетенциями с определенным вкладом, учитываемым весовыми коэффициентами. В качестве таких коэффициентов, по мнению авторов, может выступать доля времени, отводимая на дисциплины или дидактические единицы, участвующие в формировании конечной компетенции. При этом весовые коэффициенты здесь используются в качестве весов для связей нейронной сети, позволяющих получить вектор конечных компетенций из начальных. После определения требуемых отношений между компетенциями и порядка их формирования строится учебный план. В рассматриваемой работе

для упрощения составления плана предлагается формировать дисциплины из дидактических единиц, образующих конкретные компетентности. Оптимальная последовательность освоения дисциплин может быть получена за счет соответствующей настройки весовых коэффициентов, обозначающих долю времени, отводимую для освоения компетенции.

Интересный вариант формализации учебного плана описан в работе [2]. Здесь учебный план представлен в виде набора взаимосвязанных дисциплин, которые увязаны между собой посредством модулей, а они, в свою очередь, с помощью терминов, относящихся к соответствующему модулю. Таким образом, основу связи между дисциплинами составляют термины, которые как должны быть сформированы в них, так и требуются для их изучения. Указанные элементы представляются в виде структур, содержащих не только характерные для них параметры, но и ссылки на другие структуры в тех случаях, когда это необходимо. Для определения критерия эффективности сформированного учебного плана здесь предлагается выполнять свертку по группам классифицирующих признаков. При этом оптимизацию последовательности дисциплин предлагается вести двумя путями: введением весовых коэффициентов для всех терминов по их значимости и использованием методов многокритериальной оптимизации в сочетании с численными методами. В рассматриваемой работе отмечается также, что увязка дисциплин всех направлений может быть реализована лишь при воздействии лиц, принимающих решение. Что касается индивидуального плана обучения, то предлагаемая методика позволяет его не только сформировать, но и динамически корректировать при наличии полной базы данных методических материалов и тестовых заданий для всех дисциплин.

В работе [3] представлен математический аппарат для решения задачи автоматизации построения индивидуальной образовательной траектории. Основа подхода заключается в построении математической модели в виде ориентированного графа без взаимно достижимых вершин, описывающего структуру абстрактного учебного курса (на более крупном уровне образовательной программы), который состоит из дидактических единиц. Увязка последних по срокам изучения осуществляется через распределение вершин графа по уровням его структуры, каждый из которых символизирует либо семестр, либо месяц, либо неделю. Далее над полученной (исходной для обработки) структурой графа посредством нескольких преобразований матриц смежности выполняется ряд действий, обеспечивающих простоту, ацикличность и конечность его структуры. Другими словами, они делают

структуру графа и соответствующей ему образовательной траектории оптимальной и естественной с точки зрения последовательности и времени изучения дидактических единиц.

Также в [3, стр. 9] представлен вариант использования указанного представления образовательной программы в сочетании с технологиями автоматизации проектирования. Структура такой системы изображена на рисунке 1.

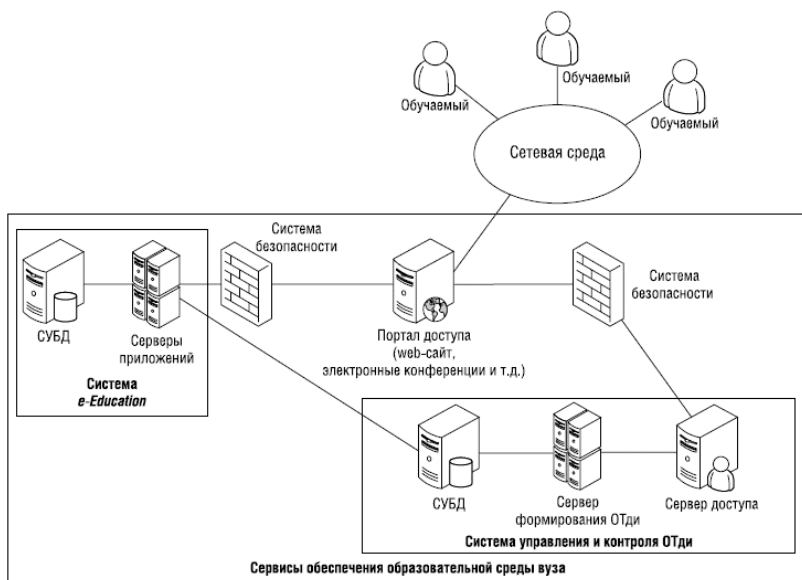


Рисунок 1. Схема работы системы автоматизированного проектирования образовательных траекторий

Из анализа рисунка 1 можно предположить, что рассмотренный алгоритм в данной системе работает на сервере формирования образовательных траекторий. Согласно [3, стр. 9] обучаемый получает доступ к сервисам обеспечения образовательной среды вуза через сетевую среду и после прохождения идентификации на сервере доступа, может просматривать и модифицировать свою образовательную траекторию.

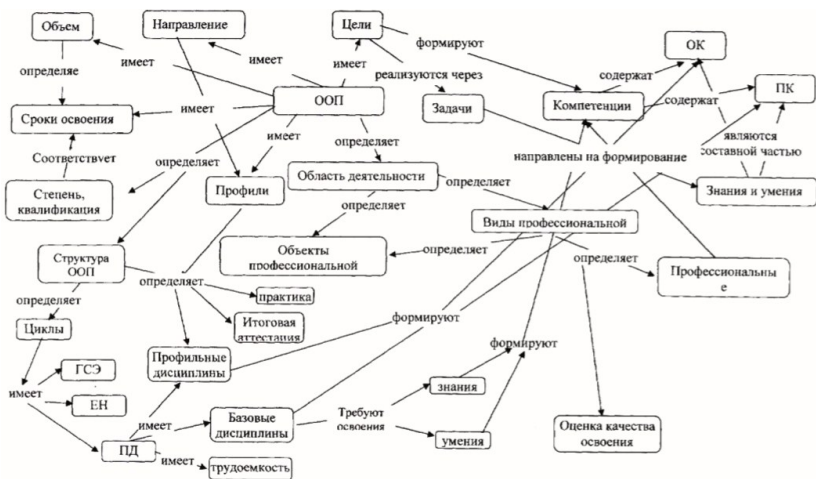


Рисунок 2. Онтология основной образовательной программы

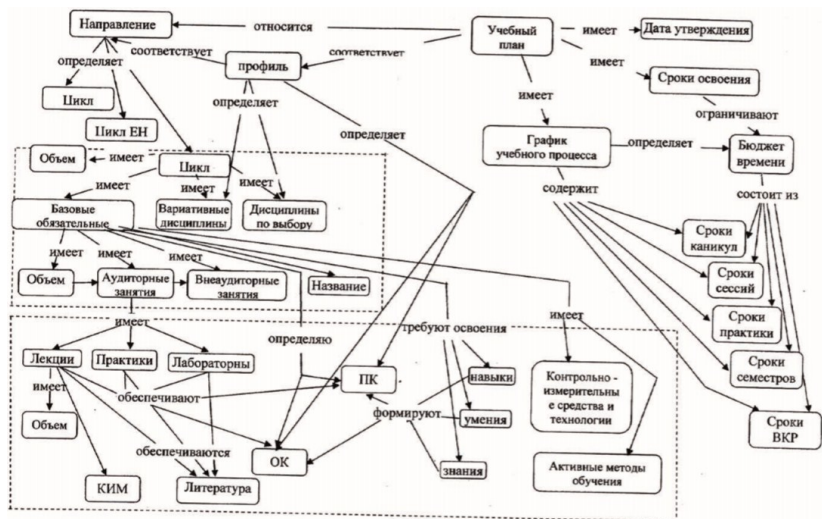


Рисунок 3. Онтология учебного плана

Большой интерес представляет работа [4], так как в ней не только рассматривается применение онтологического подхода для моделирования слабо формализуемой предметной области, но ещё и приведены примеры онтологических моделей основной образовательной про-

граммы, учебного плана и учебной дисциплины, которые могут оказаться полезными на дальнейших этапах выполняемой работы. Указанные примеры приведены на рисунках 2, 3 и 4, соответственно. Стоит отметить, что в данной работе сама методика разработки, а также результаты анализа предметных областей, на основании которых были построены представленные онтологии, не отражена. Даны лишь общие рекомендации по построению онтологий и описано назначение онтологического моделирования.

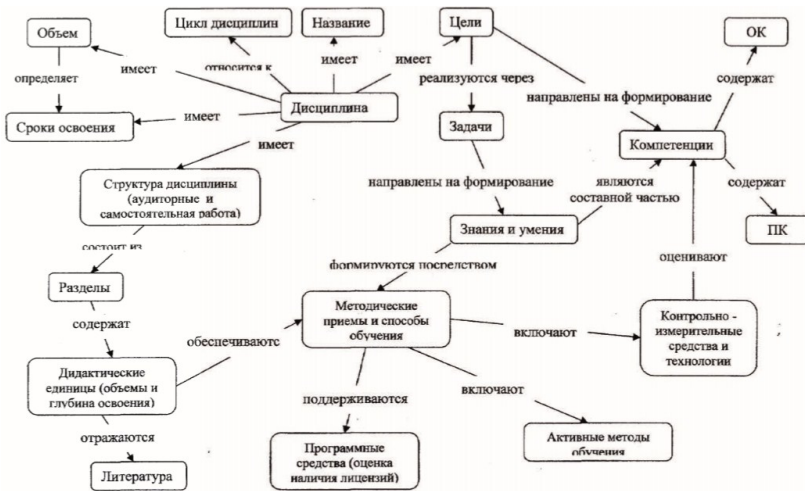


Рисунок 4. Онтология учебной дисциплины

Еще несколько примеров использования онтологического подхода при проектировании образовательной программы представлено в [5]. Данные онтологические модели, согласно источнику, «относятся к разным уровням компетентно-ориентированного обучения: к уровню процесса обучения в целом и к уровню модуля (в данном случае – модульной программы)». Первая из них основана на интеграции компетенций обучающихся. Её изображение приведено на рисунке 5.

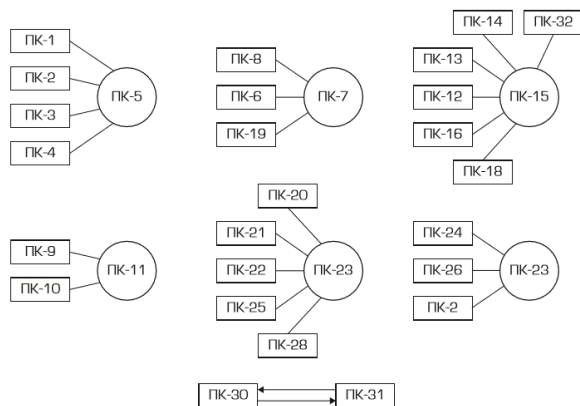


Рисунок 5. Онтологическая модель образовательной программы

В данной работе, также, как и в предыдущей, не раскрываются результаты анализа предметной области (в данном случае, формулировок компетенций) для получения представления о принципах формирования онтологической модели. Вместе с тем здесь указывается, что при формировании модели был использован принцип декомпозиции компетенций, то есть разложение сложной компетенции на более простые, которые её формируют.

Не меньший интерес представляет вторая онтологическая модель модульной программы, представленная в этой же работе. Её изображение представлено на рисунке 6. Схема модульной программы, на основе которой выполнено построение, показана на рисунке 7.

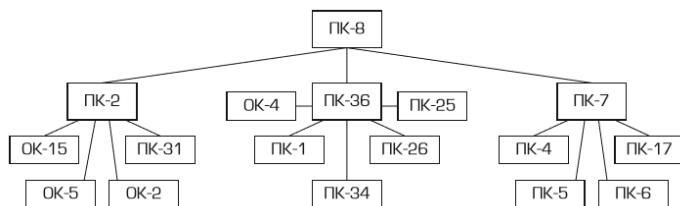


Рисунок 6. Онтологическая модель модульной программы

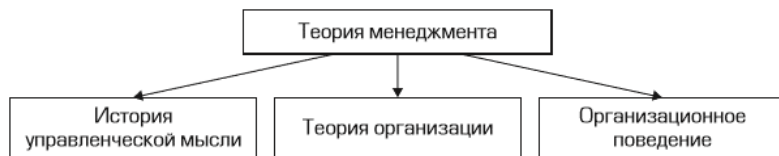


Рисунок 7. Схема модульной программы

Интерес к данной модели вызван тем, что в отличие от предыдущей она организована не концентрически, а иерархически. Подобное представление еще более наглядно демонстрирует принцип декомпозиции компетенции. Автор указывает, что «общую цель модульной программы можно декомпозировать до цели каждого модуля» [5, стр. 4]. Следовательно, в конечном итоге оценив уровень достижения цели в каждом из модулей можно сделать вывод о сформированности целевой компетенции не только каждого из модулей, но и всей дисциплины.

Проанализировав представленные подходы по критериям, которые представлены в начале, можно сделать следующие выводы:

- Очевидно, что каждый из рассмотренных способов формализации как образовательной программы, так компетенций и дисциплин имеет свои достоинства и недостатки, зависящие от области и цели применения метода. Так, например, при формализации с помощью онтологического подхода можно получить модель программы, которая будет понятна практически любому человеку, даже не особо ориентирующемуся в рассматриваемой предметной области, и при этом она будет обладать достаточно высокой степенью наглядности без применения каких-либо вспомогательных средств визуализации и не потребует введения каких-либо абстракций. Вместе с тем конечный вид модели будет очень сильно зависеть от уровня понимания предметной области человеком, проектирующим онтологическую модель, и потребует выполнения большой предварительной работы по анализу области знаний. Среди преимуществ модели, основанной на представлении с помощью графов, можно выделить достаточно богатый математический аппарат, который может быть использован при работе с графами. Сюда следует отнести наличие множества алгоритмов обхода, поиска оптимального пути на графе и анализа его структуры. В свою очередь, это может быть использовано при разработке алгоритмов обработки образовательной программы с целью получения какой-либо дополнительной информации. К недостаткам подхода – требование знания и понимания всего перечисленного аппарата по работе с графами, необходимость введения некоторого количества абстракций и реализации

дополнительных средств визуализации полученной модели. Про первые два рассмотренных способа можно сказать следующее: подход с использованием нейронной сети потребует, прежде всего, корректного выбора типа используемой сети, а также больших временных затрат на подбор требуемой величины весовых коэффициентов для обучения нейронной сети при даже небольших изменениях параметров образовательной программы; подход, основанный на использовании множеств терминов потребует создания вспомогательных структур для описания элементов программы и проведения большой предварительной работы по составлению словарей терминов, но при этом дает возможность с высокой степенью точности устанавливать уровень связи между дисциплинами программы с точностью до модуля.

- Если сравнивать рассмотренные подходы по такому критерию как опора на компетенции при формализации, то выделяются только подход на основе использования нейронной сети и онтологическая модель. При этом в обоих случаях никак не оценивается и тем более не учитывается прогресс формирования компетенции в ходе изучения образовательной программы. Подобная ситуация наблюдается и в других источниках (научных статьях), которые удалось найти по рассматриваемой тематике в ходе выполнения данной работы. В основном, учитывается лишь взаимосвязь компетенций между собой, а также порядок их следования.

- Поскольку все рассмотренные методы позволяют проектировать образовательные программы, то можно предположить, что с их помощью можно также выполнить построение индивидуальной образовательной траектории. В таком случае, будет целесообразно дополнительно распределить представленные способы по возможности генерации большого количества вариантов траекторий за условный промежуток времени. Распределение будет выглядеть следующим образом в порядке возрастания от наименее до наиболее эффективного: подход на основе нейронной сети, онтологическая модель, подход на основе множества терминов, использование графовых структур. Определяющим факторами здесь являются простота структуры и наличие множества уже готовых алгоритмов обработки с доказанной эффективностью, которые можно воплотить в виде соответствующего программного обеспечения для последующего использования в составе автоматизированной системы.

- Оптимальность последовательности освоения дисциплин заключается в освоении образовательной программы с максимально возможной эффективностью (большим количеством и максимально высоким качеством усвоенных знаний, полученных умений и навыков)

за время обучения. Описание решения задачи оптимизации порядка изучения дисциплин приведено во всех рассмотренных способах за исключением онтологического подхода, но это ни в коем случае не означает его бесполезность в решении рассматриваемого вопроса. В данном случае авторами работ [4, 5] такая задача не ставилась изначально. С наименьшим количеством затрат оптимальная последовательность изучения дисциплин может быть построена в подходе на основе графовых структур, так как сами алгоритмы построения и обработки графов дидактических единиц уже изначально настроены на получение оптимальной программы.

Подводя итог можно с некоторой уверенностью сказать, что онтологический подход применяется в основном в задачах базового проектирования образовательной программы и проверки её на соответствие образовательным стандартам. Что касается решения с его помощью задач оптимизации программы или конкретных примеров использования подхода для построения индивидуальной образовательной траектории, то об этом не упоминается ни в одном из источников, рассмотренных в рамках данной работы.

Список литературы:

1. Макаров А.А., Смольников С.Д., Китаев Д.Ф. ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД В РАЗРАБОТКЕ УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=11253>
2. Жажга Е. Ю., Николаев А. Б., Строганов Д. В., Трещеткина Е. Ю., Приходько Л. В. Формализованная модель учебного плана в задаче оптимизации индивидуальной образовательной траектории // Наука и образование. – 2012. – № 11. URL: <http://engineering-science.ru/doc/506173.html>
3. Высоцкий И. Р., Улитина Е. В. Инструментарий формализации индивидуальных образовательных траекторий // Прикладная информатика. – 2006. – №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/instrumentariy-formalizatsii-individualnyh-obrazovatelnyh-traektoriy>
4. Бахвалов С.В., Берестнева О.Г., Марухина О.В. Применение онтологического моделирования в задачах организации учебного процесса вуза // Онтология проектирования. – 2015. – №4 (18). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-ontologicheskogo-modelirovaniya-v-zadachah-organizatsii-uchebnogo-protssessa-vuza>
5. Кагакина Е. А. Проектирование процесса компетентностно-ориентированного обучения в ВУЗе на основе онтологической модели // Профессиональное образование в России и за рубежом. – 2014. – №3 (15). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-protssessa-kompetentnostno-orientirovannogo-obucheniya-v-vuzze-na-osnove-ontologicheskoy-modeli>

1.3. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВОЛЬТ-ФАРАДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕТЕРОСТРУКТУР

Павлов Роман Сергеевич

магистрант,

*Новосибирский государственный технический университет,
РФ, г. Новосибирск*

AUTOMATED MEASURING SYSTEM FOR MEASUREMENT OF CAPACITANCE-VOLTAGE CHARACTERISTICS OF HETEROSTRUCTURES

Roman Pavlov

master student, NSTU,

Russia, Novosibirsk

Аннотация. В данной работе представлен метод получения вольт-фарадных характеристик полупроводниковых гетероструктур. Была разработана автоматизированная измерительная система для измерения емкости гетероструктуры с использованием внешнего напряжения. В состав измерительной системы входит измеритель иммитанса E7-20, программируемый генератор произвольной формы ГСПФ-053.

Abstract. This paper presents a method for obtaining the capacitance – voltage characteristics of semiconductor heterostructures. An automated measuring system was developed for measuring the capacitance of a heterostructure using an external voltage. The measuring system includes an E7-20 immitance meter, a programmable arbitrary shape generator GSPF-053.

Ключевые слова: гетероструктура; автоматизированная измерительная система; вольт-фарадная характеристика.

Keywords: heterostructure; automated measuring system; capacitance-voltage characteristics.

ВВЕДЕНИЕ

Современная электрофизика полупроводников немыслима без измерений вольт-фарадных характеристик (ВФХ) или т.е. CV-метрии, что подразумевает измерение емкости как функции от приложенного напряжения смещения. Именно эти измерения дают возможность быстрого определения базовых параметров слоев полупроводников и диэлектриков, которые затруднительно измерить прямыми методами [1]. Метод ВФХ применяется для контроля концентрации носителей тока в эпитаксиальных слоях, выращенных на сильнолегированной и изолирующей подложке, и позволяет получать профили распределения основных носителей заряда в базе диода Шоттки, р-п-перехода, в квантово-размерной структуре вблизи слоев квантовой ямы или квантовых точек.

Метод вольт-фарадных характеристик отличается от многих других тем, что исследуется не монолитный полупроводник, а структура на основе полупроводникового материала, обладающая электрической емкостью. К таким структурам относятся: р-п-переход, металл-проводник, металл-диэлектрик полупроводник (МДП-структура) [3].

В связи с развитием нанотехнологий в настоящее время появляется необходимость в развитии методов, разработанных с учетом ограничений, связанных с размерными эффектами в полупроводниковых структурах [2].

Постановка задачи

Целью данной работы является разработка автоматизированной измерительной системы для локального исследования вольт-фарадных характеристик полупроводниковых гетероструктур. Также предполагается разработка программного обеспечения для управления измерительной системы, проверка работоспособности системы на тестовых образцах.

Теоретическая часть

Наиболее популярный и массовый метод это измерения ВФХ переменным напряжением (АС-метод). Он хорошо подходит для измерения обычных маломощных МОП-транзисторов и полупроводников и не требует дорогостоящего оборудования, как в других методах. Недостаток этого метода — достаточно сложная техника коррекции ошибок измерения, а также тот момент, что измерения емкости тестовых структур проходят на частотах, подчас существенно ниже тех, которые

будут использоваться в реальных приборах, что предполагает необходимость интерполяции результатов в область высоких частот.

При АС-методе тестовый образец подвергается воздействию генератора постоянного напряжения смещения U_{const} , а также небольшому тестовому переменному напряжению $U_0 \sin \omega t$ для измерения емкости.

Общая упрощенная схема измерений ВФХ методом АС приведена на рисунке 1.

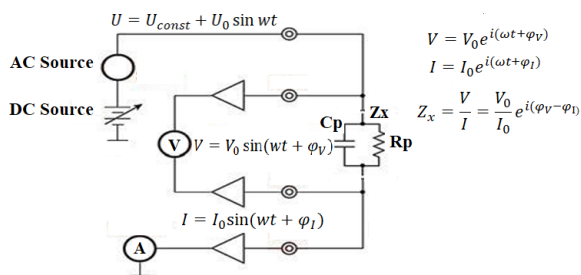


Рисунок 1. Общая упрощенная схема измерений ВФХ методом АС

Все это поддерживается двухпарной схемой подключения образца для исключения влияния сопротивления кабелей. Измерение переменного тока $I = I_0 \sin(\omega t + \varphi_I)$ и напряжения на тестируемом образце $V = V_0 \sin(\omega t + \varphi_V)$, а также фазового сдвига между ними, происходит, как правило, методом моста с автобалансировкой и позволяет определить полный комплексный импеданс (Z_x) тестируемой структуры:

$$V = V_0 e^{i(\omega t + \varphi_V)}, \quad I = I_0 e^{i(\omega t + \varphi_I)}, \quad Z_x = \frac{V}{I} = \frac{V_0}{I_0} e^{i(\varphi_V - \varphi_I)}$$

Экспериментальные исследования

Для реализации описанной методики была создана автоматизированная установка. Фотография измерительной системы представлена на рисунке 2. Измерение происходит с помощью измерителя иммитанса Е7-20. Для генерации напряжения смещения и переменного сигнала использовался генератор сигналов произвольной формы ГСПФ-053.



Рисунок 2. Внешний вид измерительного стенда

Управление оборудованием и обработка измеренного сигнала осуществляется с использованием программы, написанной в среде C++. Сдвиг по фазе между тестовым напряжением и током через структуру определяется из аппроксимации измеренных сигналов. При определении разности фаз из измеренного тока плавно вычитается меняющаяся постоянная составляющая тока, а также вклад от гармоник тестового сигнала, возникающих из-за нелинейного отклика системы при больших прямых смещениях.

В качестве тестового образца была выбрана гетероструктура Ge/Si (001) с квантовыми точками Ge. Результат измерения ВФХ тестовой структуры представлен на рисунке 3.

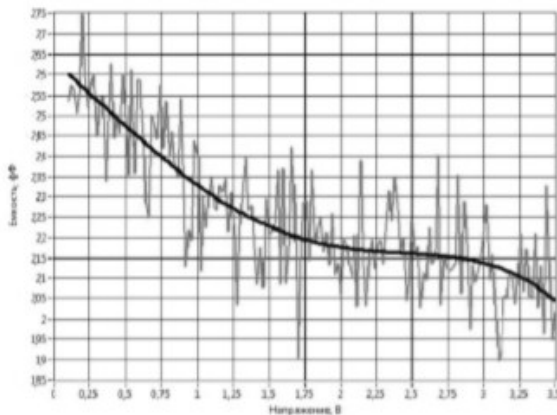


Рисунок 3. ВФХ тестовой структуры

На рисунке 3 можно увидеть большое количество помех. Это связано с однократным измерением емкости. При использовании математического аппарата и большого количества усреднений (порядка 1000) можно определить полезный сигнал.

Разработанная измерительная система позволяет проводить измерение емкости в разных точках образца.

Заключение

Была разработана измерительная система для измерения вольт-фарадных характеристик полупроводниковых гетероструктур. Работоспособность системы была проверена на тестовом образце. Результаты сверялись с результатами, другого измерительного оборудования.

Дальнейшее развитие системы будет направлено на расширения программного обеспечения, накопление экспериментальных данных на других тестовых образцах, проверку методики измерения.

Список литературы:

1. Измерение вольт-фарадных характеристик полупроводниковых приборов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eliks.ru/upload/kipis_articles/article_C-V.pdf
2. Кусакин Д.С., Рыбин Н.Б. Методика локального измерения электрической емкости фемофарадного диапазона точечного барьерного контакта металл-полупроводник // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2014. №50-2. С 122-125.
3. Абрамов В.Б. Исследование свойств полупроводников методом вольт-фарадных характеристик: методические указания. Пенза, 2004. – 43с.

1.4. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СТРОИТЕЛЬСТВО ЗДАНИЙ В СЕВЕРНЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ

Сильченко Виктория Сергеевна

*магистрант Академии строительства и архитектуры
ФГАОУ ВО КФУ им. В.И. Вернадского,
РФ, г. Симферополь*

Жиленко Оксана Борисовна

*канд. техн. наук, доц. Академии строительства и архитектуры
ФГАОУ ВО КФУ им. В.И. Вернадского,
РФ, г. Симферополь*

Аннотация. В статье рассмотрены основные природно-климатические особенности районов крайнего Севера и их учет при строительстве зданий в условиях многолетней мерзлоты. Выполнен анализ основных приемов возведения зданий в зависимости от геологических, гидрогеологических и климатических условий. А также, проанализировано влияние природно-климатических факторов на строительство зданий в условиях Крайнего Севера и регионах, приравненных к ним, на примере Тюменской области.

Ключевые слова: районы крайнего Севера; природно-климатические особенности; многолетняя мерзлота; строительство; быстровозводимые здания.

Введение

На сегодняшний день основным приоритетом в строительной отрасли является поиск новых, наиболее эффективных, методов строительства быстровозводимых зданий. Это связано, в первую очередь, с тем, что ежедневно совершенствуется уже существующие или же создаются новые методы и технологии строительства, с учетом особенностей и климатических условий тех или иных регионов.

Цель и постановка задачи исследования

Целью исследования является изучение и анализ влияния природно-климатических факторов на строительство зданий в Северных регионах России, на примере Тюменской области.

Задача: Выявить основные природно-климатические особенности районов Крайнего Севера и регионов, приравненных к ним, на примере Тюменской области. А так же, изучение методов строительства зданий и сооружений в условиях приближенным к вечной мерзлоте.

Основной раздел

Природно-климатические особенности напрямую влияют на методы, приемы и принципы строительства. Для районов Севера характерной особенностью являются значительно более низкие температурные условия, чем для районов Европейской части страны.

В Тюменской области к районам Крайнего севера относят весь Ямало-Ненецкий автономный округ, а к районам, приравненным к ним весь Ханты-Мансийский автономный округ – Югра и Уватский район (таблица 1) [2].

Таблица 1.

Автономные округа Тюменской области относящиеся к районам Крайнего Севера и приравненных к ним

Тюменская область	
Ямало-Ненецкий автономный округ	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра Уватский район

Климат Ханты-Мансийского автономного округа резко континентальный, характеризуется быстрой сменой погодных условий. Зима суровая и продолжительная с устойчивым снежным покровом, лето короткое и сравнительно теплое, переходные сезоны (весна, осень) с поздними весенними и ранними осенними заморозками.

Наиболее низкие температуры воздуха зимой регистрируются в долине реки Вах в Нижневартовском районе. Средняя температура января по округу от -18 до -24 градусов по Цельсию. Абсолютный минимум температуры воздуха – находится в пределах от -48° до -60°.

При этом, одним из основных неблагоприятных факторов, является природно-климатический, который воздействует на организм человека в районах Крайнего Севера и приравненных к ним. В связи с особенностью организации производства в нефтегазовой отрасли происходит загрязнение воздушной среды мест по добыче углеводородов в первую очередь пылью, поскольку данные производства связаны с

бурением, сернистым газом, формальдегидом, окислами азота, фенолом и его производными.

На территории России многолетняя мерзлота покрывает порядка 65 % всей поверхности территории (рисунок 1). Она включает небольшую часть Кольского полуострова, постепенно расширяясь к Уральским горам, область нижнего течения Оби, а к востоку от Енисея многолетняя мерзлота занимает всю оставшуюся площадь страны, за исключением (частично) Приморского края, восточной части Хабаровского края, Сахалина и Южной Камчатки [10,11].



Рисунок 1. Карта распространения многолетней мерзлоты на территории Российской Федерации

В условиях многолетней мерзлоты необходимо определить мощность её деятельного слоя. Она определяется в зависимости от типа деятельного слоя (рисунок 2) [10, с.69].

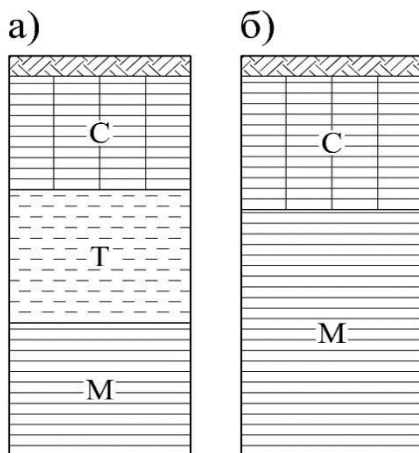


Рисунок 2. Типы деятельных слоёв

Примечание: С – сезонная мерзлота; Т – талый грунт; М – многолетняя мерзлота

Значительная часть вечномёрзлых грунтов находится в льдонасыщенном состоянии или же содержит в себе отдельные включения льда в виде линз, прожилок и прослоек. Нередко встречаются вечномёрзлые просадочные грунты, которые, обладая высокой несущей способностью в мерзлом льдонасыщенном состоянии, при оттаивании резко ее теряют, что может привести к деформации и даже разрушению зданий и сооружений.

Например:

1. Обрушение моста на трассе Тюмень-Ханты-Мансийск, 2015г. (рисунок 3).
2. Высотный дом, давший крен при строительстве в Тюмени, 2015 г.
3. Обрушение дороги в г. Нижневартовске, 2018 г. (рисунок 4).
4. Просадка грунта в жилом районе г. Нижневартовск, 2019 г.
5. Обрушение перекрытия при строительстве школы в Тюмени, 2019 г.



Рисунок 3. Обрушение моста на трассе Тюмень - Ханты-Мансийск

На сегодняшний день, наибольшее количество случаев деформации просадочных грунтов при оттаивании приходится на дороги, трассы и автомагистрали. На 447 км федеральной автодороги Тюмень — Ханты-Мансийск (в районе села Демьянка) произошло проседание грунта, в результате чего было разрушено асфальтовое покрытие дорожного полотна по всей ширине дороги, длина разрушения около 12 метров (рисунок 3)

В 2018 году в г. Нижневартовске была разрушена дорога в связи с чем, образовался провал глубиной более 2,5 м (рисунок 4). А в 2019 году просел грунт уже в жилом районе города, в связи с чем, часть дороги была разрушена (рисунок 5).



Рисунок 4. Обрушение дороги в Нижневартовске, 2018 г.



Рисунок 5. Просел грунт в жилом районе г. Нижневартовск, 2019

Еще одной особенностью строительства зданий на Крайнем Севере является цветовое оформление (рисунок 6). Выбор цветовой гаммы напрямую влияет на:

- видимость здания;
- окружающий ландшафт;
- разграничение пространства и выделение отдельных объектов.



Рисунок 6. Влияние цветовой гаммы

Такое решение обосновано тем, что в вечернее время и период полярных ночей серые, белые и светлые пастельные тона зачастую на фоне снежного покрова практически не видны. При этом использование таких цветов, как красный и оранжевый создает прямо противоположный эффект, в условиях плохой освещенности или низкого солнца такие цвета усиливают видимость зданий. Для выделения пространственных ориентиров используют желтые, красные и зеленые цвета. Еще одним фактором, обуславливающим выбор более яркой цветовой гаммы – это разнообразие цветового ландшафта, а также повышение положительного психологического состояния жителей Крайнего Севера и районов, приравненных к нему [6, с.8].

В связи с продолжительным периодом влияния низких температур в условиях Крайнего Севера, необходимо максимально ускорить процесс возведения зданий, без ухудшения качества строительных работ, обеспечивая надежность и безопасность возводимых объектов.

Одним из перспективных направлений развития малоэтажного домостроения является строительство быстровозводимых зданий.

Быстровозводимые здания – это сооружения, построенные из металлического каркаса для современной промышленности и гражданского назначения.

Зарубежный опыт строительства быстровозводимых зданий, в большей части, по своему функциональному назначению, схож с отечественными разработками. Быстровозводимые здания подразделяется на [4,7,8]:

- жилые здания экономического класса;
- временные жилые здания для рабочих на стройплощадках;

- временные жилые здания на случай ликвидации стихийных бедствий и техногенных катастроф;
- дома для военнослужащих на время проведения учений и военных операций.

В США, ежегодное увеличение строительства быстровозводимого жилья составляет от 18 до 23%, в Германии - от 29 до 43%.

В структуре конструктивных систем быстровозводимых зданий в разных странах сложились индивидуальные особенности (таблица 2) [7, с. 16].

Таблица 2.

Типы быстровозводимых зданий за рубежом

№ п/п	Страна	Тип быстровозводимого здания		
		Панельное	Модульное	Каркасные
1.	США	2,5%	2,5%	-
2.	Германия	25%	20%	-
3.	Канада	9%	8%	83%
4.	Финляндия	12%	25%	65%

Около 62% жителей Канады проживает в малоэтажных домах. Строительство быстровозводимых зданий в Канаде на 8% опережает многоквартирные. Однако малоэтажных промышленных зданий в Канаде производится на 17% меньше, чем в Соединенных Штатах Америки [1, 3].

На быстровозводимые здания в строительном секторе Канады приходится: 9% – панельные здания; 8% – модульные, 83% – каркасные (таблица 3).

Работоспособность конструктивных материалов может варьироваться в зависимости от температуры окружающей среды: так, некоторые металлические сплавы становятся хрупкими при пониженной температуре [7, 8] и происходит разрушение конструкций, чего при нормальной температуре не наблюдается.

Отмеченные факторы должны учитываться при выборе компонентов для конструирования сэндвич-панелей. С учетом климата Крайнего Севера к материалам предъявляются следующие требования [5]:

- работоспособность и сохранение характеристик прочности и пластичности при температурах от -60 до -75 °С;
- работоспособность при колебаниях температур от минусовых до плюсовых (от -70 до +50 °С);
- стойкость к влаге и к воздействию тумана;

- технологичность, состоящая в возможности сварки, хорошей механической обрабатываемости и окрашиваемости;
- повышенные прочность, пластичность, износостойкость, адгезионность материалов при взаимодействии со снегом и льдом;
- сохранение свойств в условиях термоциклирования с переходом через точки росы и замерзания.

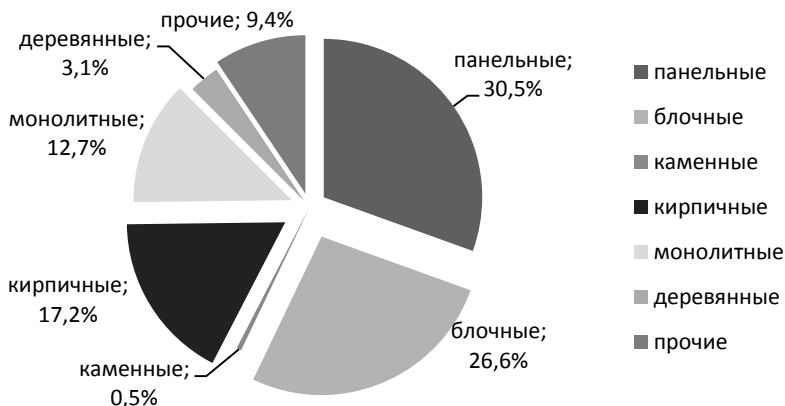


Рисунок 7. Диаграмма типов домов по конструктивным схемам

В предшествующие 6 лет в структуре жилищного строительства Ханты-Мансийского Автономного округа преобладали панельные и кирпичные здания. Их доля в общем объеме строительства жилья составляла от 34,6% в 2012 году со снижением до 30,5% в 2018 году (рисунок 7). Тенденция к снижению материалоемкости, сложившаяся в последние 6 лет, сохранится до 2025 года (таблица 3).

Таблица 3.

Типы домов по конструктивным схемам

№ п/п	Типы домов по конструктивным схемам	2012		2018		2019 2025*	
		Ввод,	К итогу, %	Ввод,	К итогу, %	Ввод*	Итогу*
1	панельные	138,291	16,7	296,729	26,6	1307,743	18,1
2	блочные	285,278	34,6	340,527	30,5	2499,884	34,6
3	каменные	2,930	0,4	5,610	0,5	42,350	0,6
4	кирпичные	175,209	21,1	191,796	17,2	1445,02	20,0

5	монолитные	118,049	14,3	141,216	12,7	1011,514	14,0
6	деревянные	70,782	8,6	35,032	3,1	432,06	6,0
7	Прочие	36,186	4,3	104,340	9,4	486,249	7,0
	Итого:	826,725	100	1115,250	100	7225,1	100

<*>прогнозные показатели

Таким образом, развитие наиболее эффективных методов, принципов и технологий строительства быстровозводимых зданий связано, с особыми условиями строительства не только Северных регионов, но и страны в целом.

Выводы

1. Примерно 65% территории России покрывает многолетняя мерзлота. Нередко встречаются вечномерзлые просадочные грунты, которые, обладая высокой несущей способностью в мерзлом льдонасыщенном состоянии, при оттаивании резко ее теряют, что может привести к деформации и даже разрушению зданий.

2. Природно-климатические особенности напрямую влияют на методы, приемы и принципы строительства. Для районов Крайнего Севера такой характерной особенностью являются значительно более низкие температурные условия, чем для районов Европейской части страны.

3. Одним из перспективных направлений развития малоэтажного домостроения является строительство быстровозводимых зданий. Для возведения, которых необходимо проводить полный технико-экономический и природно-климатический анализ, а также учитывать особенности региона строительства.

4. Не существует единой преобладающей конструктивной схемы, которая бы использовалась повсеместно. Выбор конструктивных решений зависит от воздействия природно-климатических факторов, необходимо учитывать, что в условиях вечной мерзлоты работоспособность конструктивных материалов может сильно варьироваться.

5. Наибольшее количество случаев деформации просадочных грунтов при оттаивании приходится на дороги, трассы и автомагистрали.

Список литературы:

1. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»

2. Постановление Совмина СССР от 03.01.1983 N 12 (ред. от 27.02.2018) "О внесении изменений и дополнений в Перечень районов Крайнего Севера и местностей, приравненных к районам Крайнего Севера, утвержденный Постановлением Совета Министров СССР от 10 ноября 1967 г. N 1029"
3. СП 31.13330.2012 "СНиП 2.04.02-84* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения"
4. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 (с Изменением N 1)
5. Антонов В. М., Леденев В. В., Скрылев В. И. Проектирование зданий при особых условиях строительства и эксплуатации: Учеб.пособ. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. 240 с.
6. Афанасьев А.А., С.Г. Арутюнов, И.А. Афонин и др Технология возведения полносборных зданий – М.: АСВ, 2000. –с.361.
7. Балаев С.Ю. Анализ зарубежного опыта индивидуального малоэтажного домостроения (ИМД) и возможности развития ИМД в России – М. 2009г.
8. Басаргин А.Ф., Рахлин А.Е. Система управления социальным жильем. Опыт Великобритании. – М., 2001.
9. Безверхов Г.М., Богословская Т.В., Брызгалова К. В., Елькина Л. В., Крупин М. Н. Архитектура: Курс лекций, - ПРИП ВятГУ, - г. Киров, 2010г – 88с.
10. Биянов Г.Ф., Когодовский О.А, Макаров В.И. Грунтовые плотины на вечной мерзлоте. Якутск: Институт мерзлотоведения СО АН СССР.1989.
11. Казаков Ю.Н. Зарубежный опыт использования быстровозводимых зданий при реконструкции объектов строительства // Тез. докл. 50-й междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых и студентов 13-16 мая 1996 г.-СПб., 1997. – С. 110-114.
12. <https://admmegion.ru>
13. <http://investugra.ru/>

1.5. ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ АВТОГРЕЙДЕРА СРЕДНЕГО КЛАССА

Божанов Аркадий Александрович

канд. техн. наук, доцент

*Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева,
РФ, г. Орел*

Данилевич Денис Владимирович

канд. техн. наук, доцент

*Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева,
РФ, г. Орел*

Чурбаков Андрей Александрович

студент

*Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева,
РФ, г. Орел*

Ступин Олег Александрович

студент

*Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева,
РФ, г. Орел*

THE INFLUENCE OF VARIOUS FACTORS ON PERFORMANCE MID-RANGE GRADER

Arkady Bozhanov

*kand. Techn. Sciences, associate Professor I. S. Turgenev Orel
state University,
Russi, Orel*

Denis Danilevich

*kand. Techn. Sciences, associate Professor I. S. Turgenev Orel
state University,
Russia, Orel*

Andrey Churbakov

*Student, I. S. Turgenev Orel state University,
Russia, Orel*

Stupin Oleg

*Student, I. S. Turgenev Orel state University,
Russia, Orel*

Аннотация. Статья посвящена определению зависимости производительности автогрейдера среднего класса от главных коэффициентов определяющих эту производительность.

Abstract. The article is devoted to determining the dependence of the performance of the middle class auto grader on the main factors determining this performance.

Ключевые слова: Автогрейдер; мощность; масса; время цикла; объем призмы волочения; коэффициент уклона местности.

Keywords: motor Grader; capacity; weight; time cycle; volume of the prism drawing; the ratio of the slope of the terrain.

При строительстве дорожного основания важной составляющей является проведение земляных работ с использованием строительной техники. С ее помощью производят такие виды работ как: резание, копание и перемещение грунта.

Одной из машин, выполняющих перечисленные виды, работ является автогрейдер.

Профилирование и планировка поверхности земляного полотна, а также обустройство дренажной системы, при использовании автогрейдеров производят грейдерным отвалом, установленным под рамой в центральной части машины. Для устройства откоса кювета подвесная рама с отвалом установленная на автогрейдере и крепящаяся к раме с помощью гидроцилиндров, которые позволяют вынести подвесную раму вбок относительно основной рамы автогрейдера, устанавливается в соответствии с формой откоса и его глубиной.

Все виды работ, которые выполняет автогрейдер, выполняются двумя отвалами, установленными впереди машины – бульдозерный

отвал, и планировочный установлен на выносной раме. Также на автогрейдер можно установить кирковщик. Его устанавливают на основной раме позади машины. Отвал автогрейдера изготовлен из листовой стали и имеет радиусный изгиб. Функционирование данного элемента осуществляется таким образом: оператор, используя панель управления в кабине автогрейдера, опускает, поднимает или поворачивает отвал. Резание грунтов и их перемещение осуществляется с помощью толкающего усилия, создаваемого при движении техники с размещением отвала в нижнем положении. Работа грейдеров и автогрейдеров проходит на низких скоростях (до 3 – 4,5 км/ч). Транспортное перемещение по дорогам может осуществляться при скорости движения 30 – 45 км/ч.

Лёгкие автогрейдеры используют практически при всех типах стройки. Они обладают экономичными эксплуатационными характеристиками и большой манёвренностью, благодаря чему их применение актуально для широкого спектра работ. При строительстве больших автодорог используют наиболее универсальные средние автогрейдеры, вес которых варьируется от 10 до 13 тонн. Их эффективно используют как для дорожных работ, так и для строительства. Такие машины достаточно рентабельны и способны заменить до 700 рабочих. Самыми большими являются тяжёлые автогрейдеры. Они обладают массой до 17 тонн, выполнены в основном в полноприводном исполнении и имеют шесть ведущих колёс. Довольно часто задняя пара колёс может поворачиваться. Используют тяжёлые автогрейдеры для строительства больших автотрасс, а также для прокладки просёлков по целине. Также существуют сверхтяжёлые модели, вес которых может достигать 25 тонн и более.

Главным параметром автогрейдера является его масса m . Основными параметрами называют параметры, которые в наибольшей степени определяют технологические возможности машин. К ним относятся: сцепной вес $G_{сц}$, мощность силовой установки N , глубина резания, геометрические характеристики, рабочая скорость движения, производительность машины. С использованием этих и других параметров машины производится расчет и конструирование автогрейдеров. Для определения рациональных параметров новой машины ученые и конструкторы должны рассматривать машину не отдельно от пространства, в котором она работает, а совместно с ним, т.е. необходимо рассматривать целую систему включающую в себя грунт – отвал – буза – колесный движитель – грунт. Данную систему необходимо рассматривать как замкнутую, то есть каждый из элементов системы оказывает влияние на все другие элементы входящие в эту систему.

Таблица 1.

Исходные данные

Параметр	$V_{пр}$	$t_{ц}$	k_y	k_n	k_p
Значение	1	64,17	1	0,85	1,085

Теоретическая производительность:

$$\Pi = 3600 \cdot \frac{V_{пр} \cdot k_y \cdot k_n}{t_{ц} \cdot k_p}, \left(\frac{м^3}{ч} \right);$$

где $V_{пр}$ – объем грунта в разрыхленном состоянии, $м^3$;

$t_{ц}$ – продолжительность цикла работы автогрейдера, с;

k_y – коэффициент уклона основания на котором работает машина;

k_n – коэффициент использования автогрейдера во времени;

k_p – коэффициент разрыхления грунта.

Объем призмы волочения определяем по формуле:

$$V_{пр} = \frac{B \cdot H^2}{2 \cdot k_{пр}}, (м^3)$$

где B и H – геометрические параметры отвала (ширина и высота);

$k_{пр}$ – поправочный коэффициент.

Продолжительность рабочего цикла автогрейдера состоит из: зарезания в грунт ножа отвала, перемещение его на определенное расстояние, укладка грунта и обратный холостой ход.

$$t_{ц} = \frac{l_1}{u_1} + \frac{l_2}{u_2} + \frac{l_3}{u_3} + \frac{l_4}{u_4} + h_{п} \cdot t_{п} + h_{о} \cdot t_{о} + h_{пов} \cdot t_{пов}, (с);$$

где l_1, l_2, l_3, l_4 – длины пути резания, перемещения, укладки грунта и обратного хода,

v – скорости движения автогрейдера на рассчитываемых участках;

$t_{п}$ – время на переключение передач;

$t_{о}$ – время движения отвала в вертикальной плоскости;

$t_{пов}$ – время разворота автогрейдера на 180° ;

$n_{п}$ – количество переключений передач;

$n_{о}$ – количество подъемов и опусканий отвала;

$n_{пов}$ – количество разворотов на 180° .

Развивающаяся на ведущих колесах общая мощность:

$$N = N_n + N_f + N_\delta, \text{ кВт};$$

где N_n – мощность, расходуемая на вырезание грунта (полезная), кВт;
 N_f – мощность, расходуемая на передвижение автогрейдера как тележки, кВт;
 N_δ – мощность, расходуемая на буксование, кВт.
Полезная мощность (на вырезание грунта):

$$N_n = T \cdot v_p, \text{ кВт};$$

где T – максимально свободная сила тяги автогрейдера, Н;
 v_p – рабочая скорость движения автогрейдера, м/с.
Максимально свободная сила тяги автогрейдера может быть определена по сцепному весу:

$$T = G_{\text{сц}} \cdot \varphi_{\text{сц}};$$

где $\varphi_{\text{сц}}$ – коэффициент сцепления колес автогрейдера с поверхностью;
 $G_{\text{сц}}$ – сцепной вес автогрейдера, Н.
Общий вес автогрейдера связан со сцепным весом, следующим соотношением

$$G_{\text{сц}} = \xi G;$$

где G – вес автогрейдера, Н;
 ξ – коэффициент, при колесных формулах $3 \times 3 \times 3$ и $2 \times 2 \times 2$ – $\xi=1$, а при колесной формуле $1 \times 2 \times 3$ – $\xi = 0,75$.

Мощность, расходуемая на передвижение автогрейдера как тележки, определяется по формуле:

$$N_f = G \cdot f \cdot v_p, \text{ кВт};$$

где f – коэффициент сопротивления движению автогрейдера.
Мощность, расходуемая на буксование, определяется по формуле:

$$N_\delta = (\varphi_{\text{сц}} + f) \cdot \frac{\delta_k}{1 - \delta_k} \cdot \xi \cdot G \cdot v_p;$$

где δ_k – коэффициент буксования.

Необходимая мощность двигателя кВт:

$$N_{\text{двс}} = \frac{N}{\eta_{\text{тр}} \cdot k_{\text{м}}};$$

где $\eta_{\text{тр}}$ – КПД трансмиссии, для автогрейдера;

$k_{\text{м}}$ – коэффициент снижения мощности двигателя ввиду не установившейся нагрузки.

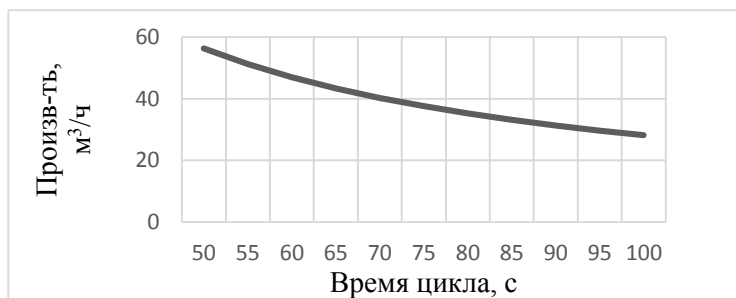


Рисунок 1. Зависимость производительности автогрейдера от времени цикла

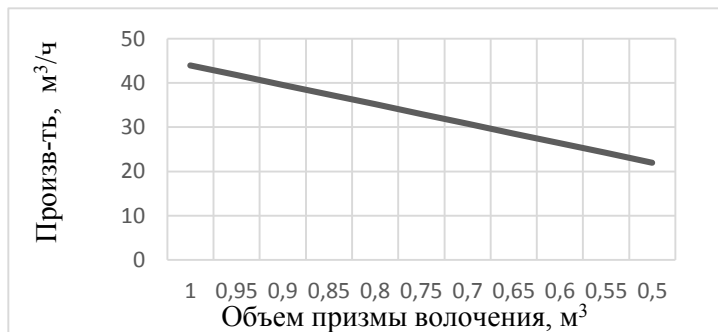


Рисунок 2. Зависимость производительности автогрейдера от объема призмы волочения

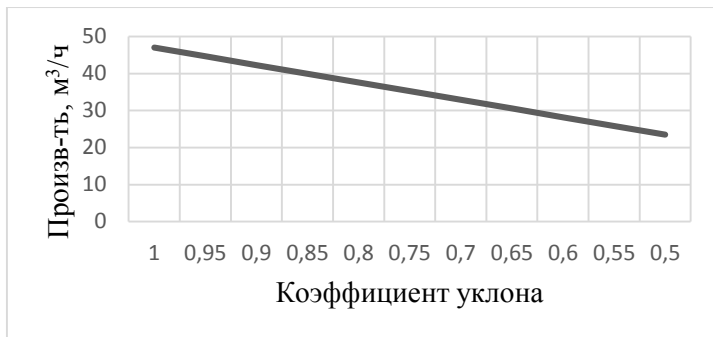


Рисунок 3. Зависимость производительности от коэффициента уклона местности

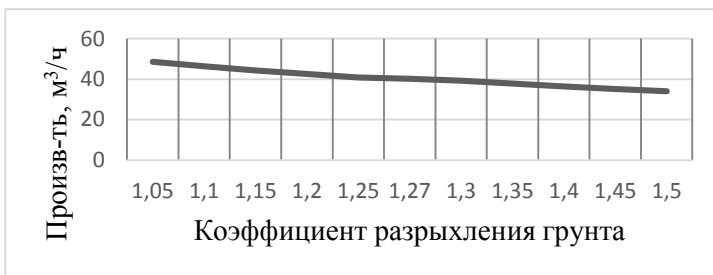


Рисунок 4. Зависимость производительности от коэффициента разрыхления грунта

Представленные зависимости дают возможность определиться с такими параметрами как время цикла, объем призмы волочения в зависимости от необходимой производительности проектируемой новой техники.

Список литературы:

1. Проектирование машин для земляных работ / Под ред. А.М. Холодова.- Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1986.-272 с.
2. Справочник конструктора дорожных машин/ И.П. Бородачев (и др.); под ред. И.П. Бородачев.- Москва 1985.- 723 с.
3. Определение производительности подъемно – транспортных, строительных и дорожных машин: учебное пособие / А.А. Божанов, Д.В. Данилевич, Р.В. Масалов, А.С. Трубин, - Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2016.- 134 с.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

РАЗДЕЛ 2.

МАТЕМАТИКА

2.1. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА, АЛГЕБРА И ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ

ДИОФАНТОВО УРАВНЕНИЕ ЧЕТВЁРТОЙ СТЕПЕНИ ОТ ТРЁХ ПЕРЕМЕННЫХ

Бокарева Лидия Леонидовна

соискатель федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Новосибирский национальный исследовательский государственный университет"

Бокарев Никита Леонидович

студент 2 курса экономического факультета федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»

DIOPHANTINE EQUATION OF THE FOURTH DEGREE IN THREE VARIABLES

Lydia Bokareva

Applicant for the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Novosibirsk National Research State University"

Nikita Bokarev

2-year student of the Faculty of Economics Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Novosibirsk National Research State University"

Аннотация. В работе рассмотрен частный случай уравнения Ферма и некоторые уравнения четвёртой степени от трёх переменных, найдена общая формула нахождения всех решений неопределённого уравнения четвёртой степени с тремя переменными $x^4 + y^2 = z^2$, где $x, y, z \in \mathbf{N}$, то есть формулу, которая позволяет найти все прямоугольные треугольники, один из катетов которых является точным квадратом натурального числа. Использование арифметических функций позволило записать найденные решения в виде единой формулы.

Abstract. In this paper, a special case of the Fermat equation and some fourth-degree equations in three variables is considered. A general formula for finding all solutions of an indefinite fourth-degree equation with three variables $x^4 + y^2 = z^2$, where $x, y, z \in \mathbf{N}$, that is, a formula that allows finding all right-angled triangles, one of the legs of which is an exact square of a natural number, has been found. The use of arithmetic functions allowed us to write the solutions found in the form of a single formula.

Ключевые слова: диофантово уравнение, уравнения четвёртой степени от трёх переменных.

Keywords: Diophantine equation, the fourth degree equation in three variables.

Рассмотрим уравнение

$$x^4 + y^2 = z^2 \tag{1}$$

где $x, y, z \in \mathbf{N}$.

Перепишем уравнение (1) следующим образом:

$$x^4 = (z + y)(z - y) \tag{2}$$

и пусть

$$x = px_1, y = py_1, z = pz_1, \tag{3}$$

где $(x_1, y_1, z_1) = 1$. Тогда уравнение (3) примет вид

$$p^2 x_1 = (z_1 + y_1)(z_1 - y_1) \tag{4}$$

Пусть так же

$$z_1 + y_1 = a, z_1 - y_1 = b, \quad (5)$$

откуда

$$z_1 = \frac{a+b}{2}, y_1 = \frac{a-b}{2}, \quad (6)$$

где $(a, b) = 1$, тогда равенство (4) запишется:

$$p^2 x_1^4 = av. \quad (7)$$

Покажем, что $(a, b) \leq 2$. Так как $(x_1, y_1, z_1) = 1$, то $(y_1, z_1) = 1$, что весьма несложно проверить. Пусть $(a, b) = d$, тогда

$$a = d a_1, b = d b_1,$$

где $a_1, b_1 \in \mathbf{N}$, $(a_1, b_1) = 1$ и, поэтому, a_1 и b_1 не могут быть одновременно чётными. Таким образом, из выражений (6) следует, что

$$z_1 = \frac{d}{2}(a_1 + b_1), y_1 = \frac{d}{2}(a_1 - b_1).$$

Имеем

$$(z_1, y_1) = \frac{d}{2}(a_1 + b_1, a_1 - b_1),$$

Откуда

$$(a_1 + b_1, a_1 - b_1) = \frac{2}{d}. \quad (8)$$

Как видно из выражения (8), или $d = 1$ (a_1 и b_1 – оба нечётные), или $d = 2$ (a_1 и b_1 – разной чётности). Итак,

$$(a_1, b_1) \leq 2. \quad (9)$$

Рассмотрим уравнение (7) при условии (9). Очевидно, что $p^2 \mid (ab)$, следовательно, можно записать

$$a_1 = a' \cdot \prod_{i=1}^s p_i^2, b_1 = b' \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i^2, \quad (10)$$

где $p_i, a', b' \in \mathbf{N}$ ($i = \overline{1, r}$), $(a', b') \leq 2$. Подставив выражение (31) в равенство (7) получим:

$$x_i^4 = a' \cdot b', \quad (11)$$

где $a', b' \in \mathbf{N}$, $(a', b') \leq 2$. Рассмотрим отдельно два случая $(a', b') = 1$ и $(a', b') = 2$.

1) Пусть $(a', b') = 1$. Тогда из уравнения (11) следует, что

$$a' = m^4, b' = n^4, \quad (12)$$

где $m, n \in \mathbf{N}$, $(m, n) = 1$. В этом случае, вспомнив условия (2) и (5), получим следующую формулу:

$$x = pmn, y = p \frac{m^4 \cdot \prod_{i=1}^s p_i^2 - n^4 \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i^2}{2}, z = \frac{m^4 \cdot \prod_{i=1}^s p_i^2 + n^4 \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i^2}{2},$$

где $p, m, n \in \mathbf{N}$, $(m, n) = 1$, $m^2 \cdot \prod_{i=1}^s p_i > n^2 \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i$, p – свободное от квадратов число. Поскольку $y, z \in \mathbf{N}$ имеем формулу:

$$\begin{aligned} x &= \frac{2pmn}{(2, m \cdot \prod_{i=1}^s p_i + n \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i)}, \\ y &= 2p \frac{m^4 \cdot \prod_{i=1}^s p_i^2 - n^4 \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i^2}{(2, m \cdot \prod_{i=1}^s p_i + n \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i)^2}, \quad (13) \\ z &= 2p \frac{m^4 \cdot \prod_{i=1}^s p_i^2 + n^4 \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i^2}{(2, m \cdot \prod_{i=1}^s p_i + n \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i)^2} \end{aligned}$$

где $p, m, n \in \mathbf{N}$, $(m, n) = 1$, $m^2 \cdot \prod_{i=1}^s p_i > n^2 \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i$, p – свободное от квадратов число.

В справедливости формулы (13) легко убедиться, подставив её в уравнение (1). Полагая фиксированными натуральными числами, отвечающими условиям, наложенным на них, получим частные решения уравнения (1). Например, $p = 2, m = n = 1$: $\langle 2, 3, 5 \rangle$; $p = 1, m = 2, n = 1$: $\langle 4, 30, 34 \rangle$ и так далее.

2) Пусть теперь $(a', b') = 2$. Тогда

$$a' = 2a'', b' = 2b'', \quad (14)$$

где $(a'', b'') = 1$ и, следовательно, уравнение (7) примет вид

$$x_1^4 = 4 \cdot a'' \cdot b'',$$

где $a'', b'' \in \mathbf{N}$, $(a'', b'') = 1$. Очевидно, что x должно делиться на 2, то есть, $x_1 = 2x_2$, а, значит, $4x_2^4 = a'' \cdot b''$. Таким образом, или $4 \mid a''$, или $4 \mid b''$. В первом случае, $a'' = 4m^4$, $b'' = n^4$, то есть, $x_2 = mn$, $x_1 = 2mn$. Вспомнив выражения (14), (11), (6), (1), получим формулу

$$\begin{aligned} x &= 2pmn, y = p \left(4m^4 \cdot \prod_{i=1}^s p_i^2 - n^4 \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i^2 \right), \\ z &= p(4m^4 \cdot \prod_{i=1}^s p_i^2 + n^4 \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i^2) \end{aligned} \quad (15)$$

где $p, m, n \in \mathbf{N}$, $(m, n) = 1$, n – нечётно (так как $(a'', b'') = (4m^4, n)^4 = 1$), $2m^2 \prod_{i=1}^s p_i > n^2 \prod_{i=s+1}^r p_i$. Если же $4 \mid b''$, то по аналогии получим:

$$\begin{aligned} x &= 2pmn, y = p \left(m^4 \cdot \prod_{i=1}^s p_i^2 - 4n^4 \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i^2 \right), \\ z &= p(m^4 \cdot \prod_{i=1}^s p_i^2 + 4n^4 \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i^2) \end{aligned} \quad (16)$$

где $p, m, n \in \mathbf{N}$, $(m, n) = 1$, m – нечётно (так как $(a'', b'') = (m^4, 4n)^4 = 1$), $m^2 \prod_{i=1}^s p_i > 2n^2 \prod_{i=s+1}^r p_i$.

Формулы (36) и (37) можно объединить в единую формулу

$$\begin{aligned} x &= \frac{2pmn}{(2, n)}, y = p \frac{4m^4 \cdot \prod_{i=1}^s p_i^2 - n^4 \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i^2}{(2, n)^2}, \\ z &= p \frac{4m^4 \cdot \prod_{i=1}^s p_i^2 + n^4 \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i^2}{(2, n)^2}, \end{aligned} \quad (17)$$

где $p, m, n \in \mathbf{N}$, $(m, n) = 1$, $p = \prod_{i=1}^r p_i$ ($p_i = p_j$ тогда и только тогда, когда $i = j$), $2m^2 \prod_{i=1}^s p_i > n^2 \prod_{i=s+1}^r p_i$.

Полагая в формуле (17) p, m, n конкретными натуральными числами, отвечающими условиям, наложенным на них, получим частные решения уравнения (1). Например, $p = m = n = 1$: $\langle 2, 3, 5 \rangle$ и так далее.

Видно, что при некоторых параметрах формулы (13) и (17) могут давать одинаковые частные решения уравнения. Можно показать, что формула (17) является частным случаем формулы (13).

Действительно, положим в формуле (13) $p = 2p'$, тогда в этой формуле $(2, 2m \prod_{i=1}^s p_i + n \prod_{i=s+1}^r p_i) = (2, 2m + n) = (2, n)$ и, следовательно, формула (34) примет вид

$$\begin{aligned} x &= \frac{2p'mn}{(2, n)}, y = p' \cdot \frac{4m^4 \cdot \prod_{i=1}^s p_i^2 - n^4 \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i^2}{(2, n)^2}, \\ z &= p' \cdot \frac{4m^4 \cdot \prod_{i=1}^s p_i^2 + n^4 \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i^2}{(2, n)^2}, \end{aligned} \quad (18)$$

где $p', m, n \in \mathbf{N}$, $(m, n) = 1$, $p' = \prod_{i=1}^r p_i$ ($p_i = p_j$ тогда и только тогда, когда $i = j$), $2m^2 \prod_{i=1}^s p_i > n^2 \prod_{i=s+1}^r p_i$. Если в формуле (17) положить, что p – нечётное число, тождественность формул (17) и (18) очевидна.

$$\begin{aligned} x &= \frac{2p'(2m)n}{(2, n)}, y = 2p' \cdot \frac{((2m)^4 \cdot \prod_{i=1}^s p_i^2 - n^4 \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i^2)}{(2, n)^2}, \\ z &= 2p' \cdot \frac{((2m)^4 \cdot \prod_{i=1}^s p_i^2 + n^4 \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i^2)}{(2, n)^2}, \end{aligned}$$

Или

$$\begin{aligned} x &= \frac{2p'm(2n)}{(2, n)}, y = 2p' \cdot \frac{(4m^4 \cdot \prod_{i=1}^s p_i^2 - (2n)^4 \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i^2)}{(2, n)^2}, \\ z &= 2p' \cdot \frac{(m^4 \cdot \prod_{i=1}^s p_i^2 + (2n)^4 \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i^2)}{(2, n)^2}, \end{aligned}$$

где $p, m, n \in \mathbf{N}$, $(m, n) = 1$, $p = \prod_{i=1}^r p_i$ ($p_i = p_j$ тогда и только тогда, когда $i = j$). Несложно показать, что обе формулы являются частным случаем формулы (13), достаточно положить в формуле (13) p – нечётным числом и, в первом случае, $m = 2m_1$, во втором – $n = 2n$. Таким образом, формула (17) является частным случаем формулы (13).

Итак, все решения уравнения (1) можно записать в виде единой формулы:

$$\begin{aligned} x &= \frac{2p'mn}{(2, p)(2, m \cdot \prod_{i=1}^s p_i + n \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i)}, \\ y &= 2p \frac{m^4 \cdot \prod_{i=1}^s p_i^2 - n^4 \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i^2}{(2, p)^2 (2, m \cdot \prod_{i=1}^s p_i + n \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i)^2}, \\ z &= 2p \frac{m^4 \cdot \prod_{i=1}^s p_i^2 + n^4 \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i^2}{(2, p)^2 (2, m \cdot \prod_{i=1}^s p_i + n \cdot \prod_{i=s+1}^r p_i)^2}, \end{aligned} \quad (19)$$

где $p, m, n \in \mathbf{N}$, $(m, n) = 1$, $m^2 \prod_{i=1}^s p_i > n^2 \prod_{i=s+1}^r p_i$, p – свободное от квадратов число.

При фиксированных натуральных числах m и n можно найти частные решения. Например, варьируя параметры в формуле (19) получим частные решения уравнения (1), некоторые из которых приведены в таблице ниже:

p	m	n	x	y	z	$x^d + y^2 = z^2$
1	1	1	2	3	5	$2^4 + 3^2 = 5^2$
1	3	1	3	40	41	$3^4 + 40^2 = 41^2$
1	3	2	12	17	145	$12^4 + 17^2 = 145^2$
2	1	1	4	30	34	$4^4 + 30^2 = 34^2$
2	3	2	6	77	85	$6^4 + 77^2 = 85^2$
3	1	1	3	12	15	$3^4 + 12^2 = 15^2$
3	3	2	36	540	1404	$36^4 + 540^2 = 1404^2$
3	3	2	36	8700	8700	$36^4 + 8700^2 = 8796^2$
5	1	1	10	495	505	$10^4 + 495^2 = 505^2$
5	1	2	20	420	580	$20^4 + 420^2 = 580^2$
6	1	1	12	192	240	$12^4 + 192^2 = 240^2$
6	1	1	12	420	444	$12^2 + 420^2 = 444^2$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Список литературы:

1. Бокарев Н. Л. Некоторые классические диофантовы уравнения / Н. Л. Бокарев, Е. В. Буякова. [Электронный ресурс]: Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2014. – Т. 26. – С. 56–60. – URL: <https://e-koncept.ru/author/4048> (дата обращения : 25.07.2020)
2. Бокарев Н. Л. Диофантовы уравнения второй степени от трёх переменных / Н. Л. Бокарев, Е. В. Буякова. [Электронный ресурс] // URL : <https://cyberleninka.ru/article/v/diofantovy-uravneniya-vtoroy-stepeni-ot-tryoh-peremennyyh> (дата обращения : 25.07.2020)
3. Кожегельдинов, С. Ш. О задачах, связанных с пифагоровыми тройками // Межвузовская конференция, посвящённая 150-летию со дня рождения Абая. /С. Ш. Кожегельдинов. – Семей: СГУ имени Шакарима, 1991. – С. 132 – 133.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Сборник статей по материалам XXVI международной
научно-практической конференции*

№ 7 (26)
Август 2019 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 12.08.19. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 5,125. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»
123098, г. Москва, ул. Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74
E-mail: tech@nauchforum.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3



**НАУЧНЫЙ
ФОРУМ**
nauchforum.ru