

*Журнал Научное обозрение.  
Технические науки  
зарегистрирован Федеральной службой  
по надзору в сфере связи, информационных  
технологий и массовых коммуникаций.  
Свидетельство ПИ № ФС77-57440  
ISSN 2500-0799*

*Учредитель, издательство и редакция:  
НИЦ «Академия Естествознания»,  
почтовый адрес:  
105037, г. Москва, а/я 47*

**Founder, publisher and edition:  
SPC Academy of Natural History,  
post address:  
105037, Moscow, p.o. box 47**

*Подписано в печать 26.04.2019  
Дата выхода номера 26.05.2019  
Формат 60×90 1/8*

*Типография  
НИЦ «Академия Естествознания»,  
410035, г. Саратов,  
ул. Мамонтовой, д. 5*

**Signed in print 26.04.2019  
Release date 26.05.2019  
Format 60×90 8.1**

**Typography  
SPC «Academy Of Natural History»  
410035, Russia, Saratov,  
5 Mamontovoi str.**

*Технический редактор Байгузова Л.М.  
Корректор Галенкина ЕС.*

*Тираж 1000 экз.  
Распространение по свободной цене  
Заказ НО 2019/2  
© НИЦ «Академия Естествознания»*

Журнал «НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ» выходил с 1894 по 1903 год в издательстве П.П. Сойкина. Главным редактором журнала был Михаил Михайлович Филиппов. В журнале публиковались работы Ленина, Плеханова, Циолковского, Менделеева, Бехтерева, Лесгафта и др.

**Journal «Scientific Review» published from 1894 to 1903. P.P. Soykin was the publisher. Mikhail Filippov was the Editor in Chief. The journal published works of Lenin, Plekhanov, Tsiolkovsky, Mendeleev, Bekhterev, Lesgaft etc.**



М.М. Филиппов (M.M. Philippov)

С 2014 года издание журнала возобновлено  
Академией Естествознания

**From 2014 edition of the journal resumed  
by Academy of Natural History**

Главный редактор: М.Ю. Ледванов  
**Editor in Chief: M.Yu. Ledvanov**

Редакционная коллегия (**Editorial Board**)

А.Н. Курзанов (**A.N. Kurzanov**)

Н.Ю. Стукова (**N.Yu. Stukova**)

М.Н. Бизенкова (**M.N. Bizenkova**)

Н.Е. Старчикова (**N.E. Starchikova**)

Т.В. Шнуровозова (**T.V. Shnurovozova**)

---

**НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ • ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**SCIENTIFIC REVIEW • TECHNICAL SCIENCES**

**[www.science-education.ru](http://www.science-education.ru)**

**2019 г.**

---



***В журнале представлены научные обзоры,  
литературные обзоры диссертаций,  
статьи проблемного и научно-практического  
характера***

The issue contains scientific reviews, literary dissertation reviews,  
problem and practical scientific articles

---

**СОДЕРЖАНИЕ**
**Технические науки (05.09.00, 05.11.00, 05.12.00, 05.13.00)**

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕВООБОРОТНЫХ КУЛЬТУР С РИСОМ <i>Владимиров С.А., Терещенко С.И., Кошелик Ж.А.</i> .....	5
ПРИМЕНЕНИЕ ПАТТЕРНОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ <i>Власова В.Д., Бужинская Н.В.</i> .....	10
НЕЙРОННЫЕ СЕТИ: ОБЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ <i>Иванько А.Ф., Иванько М.А., Сизова Ю.А.</i> .....	17
ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ МНОГОСВЯЗНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ В ПЕРЕКРЕСТНЫХ СВЯЗЯХ <i>Ильясов Б.Г., Елизарова А.В., Саитова Г.А.</i> .....	24
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ВСЕМИРНОЙ ЗИМНЕЙ УНИВЕРСИАДЫ 2019 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ <i>Крутиков А.К.</i> .....	29
О ПРОЦЕДУРЕ ПОРОЖДЕНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ ПУСТЫХ ПОДГРАФОВ <i>Попов С.В.</i> .....	34
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ WEB-ТЕХНОЛОГИЙ КАК СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ САЙТА ДЛЯ КОНКУРСА ПЕДАГОГИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ <i>Кубова Р.М., Шамраева В.В.</i> .....	38
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОТВЕРСТИЙ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ <i>Шеров К.Т., Сихимбаев М.Р., Габдысалык Р., Бузауова Т.М., Карсакова Н.Ж., Имашева К.И., Сейсенбаев Д.С.</i> .....	45

---

**CONTENTS**
**Technical sciences (05.09.00, 05.11.00, 05.12.00, 05.13.00)**

BASIC PRINCIPLES OF DESIGN OF RECLAMATION SYSTEMS FOR THE CULTIVATION OF ROTATION CROPS WITH RICE <i>Vladimirov S.A., Tereshchenko S.I., Koshelik Zh.A.</i> .....	5
APPLICATION DESIGN PATTERNS FOR THE ANALYSIS OF STUDENT PERFORMANCE <i>Vlasova V.D., Buzhinskaya N.V.</i> .....	10
NEURAL NETWORKS: GENERAL TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS <i>Ivanko A.F., Ivanko M.A., Sizova Yu.A.</i> .....	17
THE STUDY OF THE STABILITY OF MULTI-CONNECTED CONTROL SYSTEM WITH DELAY IN THE CROSS-CONNECTIONS <i>Ilyasov B.G., Elizarova A.V., Saitova G.A.</i> .....	24
PREDICTING THE RESULTS OF WORLD WINTER UNIVERSIADE 2019 USING NEURAL NETWORKS <i>Krutikov A.K.</i> .....	29
THE PROCEDURE OF GENERATING A MAXIMUM EMPTY SUB-GRAPHS <i>Popov S.V.</i> .....	34
THE USE OF WEB-TECHNOLOGIES AS A MEANS OF AUTOMATION OF MONITORING AND EVALUATION OF THE QUALITY OF TEACHING ACTIVITIES ON THE EXAMPLE OF DEVELOPING A WEBSITE FOR THE COMPETITION OF TEACHERS <i>Kubova R.M., Shamraeva V.V.</i> .....	38
INVESTIGATION OF TECHNOLOGICAL OPPORTUNITIES OF CONTROL MEASURING MEANS FOR THE CONTROL OF THE OPENINGS OF LARGE-SIZE DETAILS <i>Sherov K.T., Sikhimbaev M.R., Gabdysalyk R., Buzauova T.M., Karsakova N.Zh., Imasheva K.I., Seysenbaev D.S.</i> .....	45

УДК 62:631.6

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕВОБОРОТНЫХ КУЛЬТУР С РИСОМ

**Владимиров С.А., Терещенко С.И., Кошлик Ж.А.**

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»,  
Краснодар, e-mail: svetlanka95@gmail.com*

Проектирование мелиоративных систем всегда являлось одним из главных факторов обеспечения стабильности рисоводства. Рис считается одним из самых ценных и полезных продуктов, которым питается треть населения нашей планеты. Рис – это лидер по урожайности среди многих зерновых культур и занимает второе место на планете по посевным площадям. Выращивается затопляемый рис в основном в пойменных землях. Рис хорошо адаптируется и уживается в различных почвенно-климатических условиях и может плодородить на землях различного рельефа. Одним из немаловажных факторов малого плодородия рисового производства является недостаток конструктивной составляющей рисовых систем и отсутствие правильного соблюдения всех технологических параметров при возделывании риса в севообороте. Немаловажной и довольно весомой проблемой получения качественного урожая риса без снижения агроресурсного потенциала рисовых полей, а также правильного применения в оборот всех продуктов рисового производства основывается на общем учете факторов и параметров, которые создают высокие показатели плодородия риса. Обзор конструкций сети рисовых систем основных рисосеющих зон показывает их разрозненность, нехватку отраслевого нормирования и единого подхода в решении вопросов орошения риса. В статье был проведен общий обзор оросительных конструкций риса, рассмотрены общие методы и принципы проектирования, а также выполнен анализ и проведен общий сбор опыта проектирования мелиорации рисовых систем.

**Ключевые слова:** экология, рисовые оросительные системы проектирование, реконструкция, севооборот, поливная техника

## BASIC PRINCIPLES OF DESIGN OF RECLAMATION SYSTEMS FOR THE CULTIVATION OF ROTATION CROPS WITH RICE

**Vladimirov S.A., Tereshchenko S.I., Koshelik Zh.A.**

*Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, e-mail: svetlanka95@gmail.com*

Design of reclamation systems has always been one of the main factors to ensure the stability of rice growing. Rice is considered to be one of the most valuable and useful products, which feeds a third of the world's population. Rice is the leader in yield among many crops and the second place on the planet – in acreage. The cultivation of flooded rice is mainly in floodplain lands. Rice is well adapted and coexists in different soil and climatic conditions and can be fertile on lands of different relief. One of the important factors of low fertility of rice production is the lack of constructive component of rice systems and the lack of proper compliance with all technological parameters in the cultivation of rice in crop rotation. An important and quite significant problem of obtaining a high-quality rice crop without reducing the agro resource potential of rice fields, as well as the correct use of all rice products in circulation is based on the General consideration of factors and parameters that create high rates of rice fertility. A review of the design of the network of rice systems of the main rice-growing zones shows their fragmentation, the lack of industry regulation and a unified approach to addressing the issues of rice irrigation. The article gave a General overview of rice irrigation structures, considered the General methods and principles of design, as well as the analysis and the General collection of experience in the design of rice systems reclamation.

**Keywords:** ecology, rice irrigation systems design, reconstruction, crop rotation, irrigation equipment

На нынешнем этапе формирования мелиорации очень важен подход к оценке эффективной работы мелиоративных систем. На первый план выходят такие факторы, как экологическая безопасность, ресурсосбережение, энергоэффективность всех ресурсов [1–3].

Для того чтобы орошение было наиболее рациональным и целесообразным, необходимо в первую очередь осуществить анализ участка мелиорации и определиться с целью, которая и определит характер работ. Все необходимые сведения вместе с целями заказчика позволят создать качественный проект мелиорации, на основе которого будут производиться дальнейшие работы [1–3].

Цель исследования: проведение обобщающей аналитики на основе собранной информации из различных источников, разбор собранной информации о проектировании рисовых оросительных систем, на основе многолетнего опыта. Изучение статистики и изучение факторов, влияющих на увеличение орошения риса. На основе полученных данных – внедрение новых предложений о более совершенной и более продуктивной конструкции рисовых оросительных систем, выполненной согласно всем требованиям по орошению риса.

### Материалы и методы исследования

Совершенствование уже имеющихся и внедрение новых улучшенных конструк-

ций рисовых оросительных систем, в настоящее время и на перспективу, должны основываться на принципе оптимизации с учетом нехватки на все виды ресурсов. Для этого потребуются спектр научных материалов и проверка предлагаемых решений в различных условиях.

Проводимый анализ российских и зарубежных литературных источников говорит, что контроль над водораспределением является одним из основополагающих вопросов продуктивной работы мелиоративной системы [3, 4].

Данная проблема является сложной, так как гидромелиоративная система – это сложный природно-технический объект, расположенный на больших территориях с большим количеством воздействующих факторов и контролируемых параметров. И для оптимального использования водных ресурсов необходим конструктивный подход, имеющий систему различных усовершенствованных научных и технических мероприятий, дающих оптимальные в нынешних условиях контроль и фиксирование единых ресурсов [3, 4].

Полный учет водного режима агроландшафтов в диапазоне, превышающем допустимое значение в использовании водно-энергетических ресурсов и экологической безопасности, целесообразна организация системы управления орошением, которая на основе полученной достоверной информации даст возможность уравновесить поступающее управление системой, позволит оптимизировать уровень получения качественного урожая и будет отвечать всем требованиям охраны окружающей среды.

Методы моделирования и информационные системы находят все более широкое применение в практике мелиорации. Главным инструментом его являются расчеты количества и параметров оценивания водного баланса агроценозов и взаимная работа между его конструктивными элементами, гарантирующая прогноз достоверной информации для упрощенного решения задач по составлению кратковременных планов полива и контроля водных составляющих при орошении.

Отечественный и зарубежный опыт указывает на существующие проблемы в современной мелиорации. Современные компьютерные технологии и модели ПК планирования оросительных систем, предлагаемое к внедрению качественное управление, от чего зависит множество различных показателей современной вычислительной техники. Объективная информация требует достоверных деталей исследования о непостоянстве выпадения осадков, динамично-

го изменения плодородия почв, испарения, их особенностях и влагообмене [3, 4].

#### *Проектирование и разработка системы земледелия*

Проектирование и внедрение системы земледелия для конкретного сельскохозяйственного предприятия следует осуществлять поэтапно, придерживаясь определенного порядка:

– Выявить факторы, лимитирующие жизнь с/х культур.

– Оценить возможность и способы избегания плохих условий жизни растений, исходя из известных лимитирующих факторов (улучшение водного режима и корректировка состава почвы и пр.).

– На основании биологической составляющей с/х культур и направленности, особенностями почв, климатическими составляющими и др. оснований предопределить методологические действия для обработки почвы.

– Анализ имеющихся ресурсов и их составляющая планируемых поступлений, позволит улучшить качество урожайности.

– Проведение количественной оценки прогноза состояния почвенного плодородия.

– Создать конструктивную схему всех звеньев проектируемой системы земледелия.

– На основе общих экономических условий, имеющимися материально-техническими и трудовыми ресурсами, по каждому севообороту, культуре, полю, участку разработать конкретные мероприятия для реализации всех звеньев проектируемой системы земледелия [4, 5].

При проектировании мелиорации севооборота должны быть:

– прямолинейными, с учетом существующих и проектируемых линейных сооружений;

– прямоугольной формы.

Малые несоответствия нормативам возможны при условиях сложного рельефа местности и примыкания к естественным границам водных объектов.

Расчет и проектирование элементов мелиоративной системы осуществляется в соответствии с действующими нормативными документами, устанавливающими правила и порядок их проектирования [4–6].

Мелиорация или оросительная система риса:

– источник орошения (река или водохранилище);

– головной водозабор, который может быть самотечный или машинный;

– постоянные каналы оросительной и водоотводной сети [4–6].

Зоны природы, где уклон обычно не больше пяти сотых, обычно это лесные по-

лосы продуваемой конструкции в ширину пятнадцать метров. Основные лесозащитные насаждения базируются на девяносто градусов по расположению не менее вредного ветрового потока на расстоянии 6–25 м. Для того чтобы лесные полосы имели более полезное назначение и не давали проходить поверхностному стоку, основные лесные полосы надо планировать напротив склона, то есть горизонтально поверхности. В случае несоблюдения вышесказанного предусматривается небольшое отхождение основного лесозащитного леса (полос) от направления вредоносного ветра до тридцати градусов (в редких случаях – до сорока пяти), а от направления уклона поверхности – 1–1,5. Для повышения продуктивности работы лесных полос на поверхностный

сток, нужно сажать невысокие кустарники, не более 1 м высотой и не более 1–2 рядов, при несоблюдении могут произойти изменения в конструкции полосы, что приведет к ухудшению действия. Вспомогательные полосы, размещенные через 1–2 км, можно оставить без изменения [7].

При выращивании риса применяют спец. севообороты. Рисовые поля могут составлять от 5 до 9 шт. Создавая благоприятные условия для рисовых культур, мы получаем доброкачественный и большой урожай. Для этих целей делают промежутки перед выводом полей под рисовые культуры [7].

Территориальная зона рассеяния делится на карты или севообороты, которые делятся на оросительные и сбросные каналы (рис. 1) [8, 9].

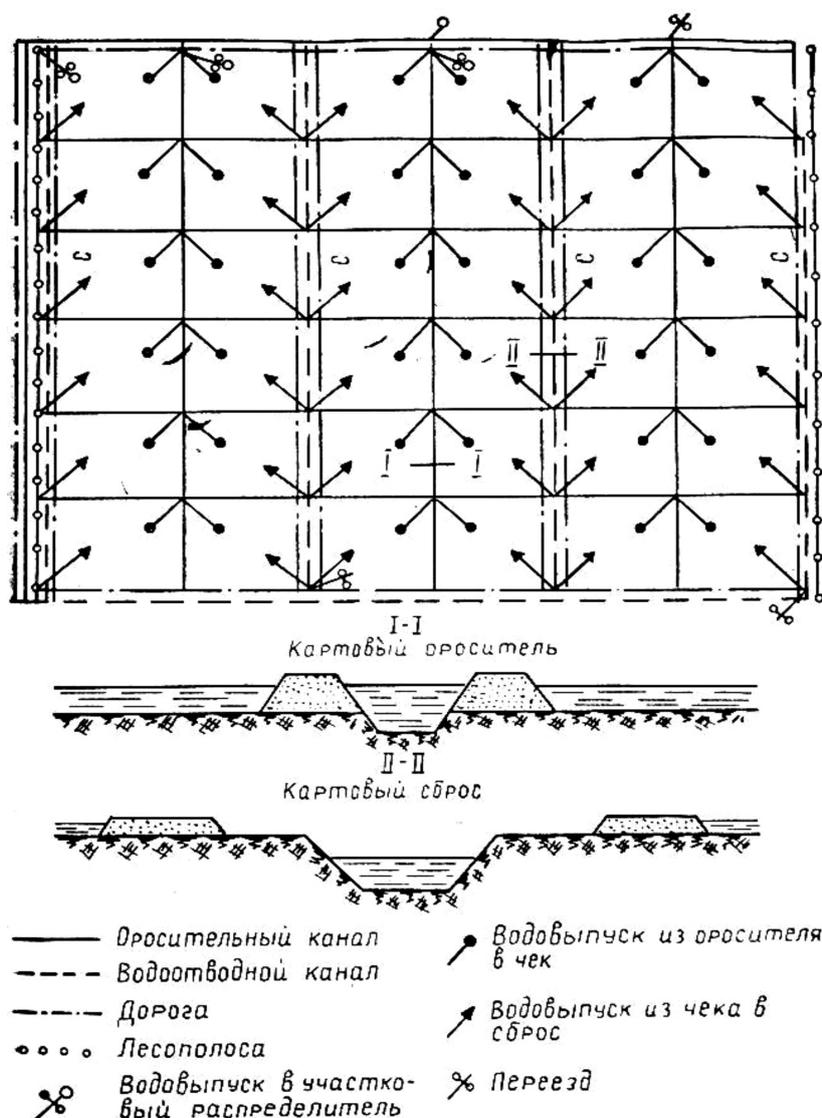


Рис. 1. Схема инженерного рисового участка красnodарского типа

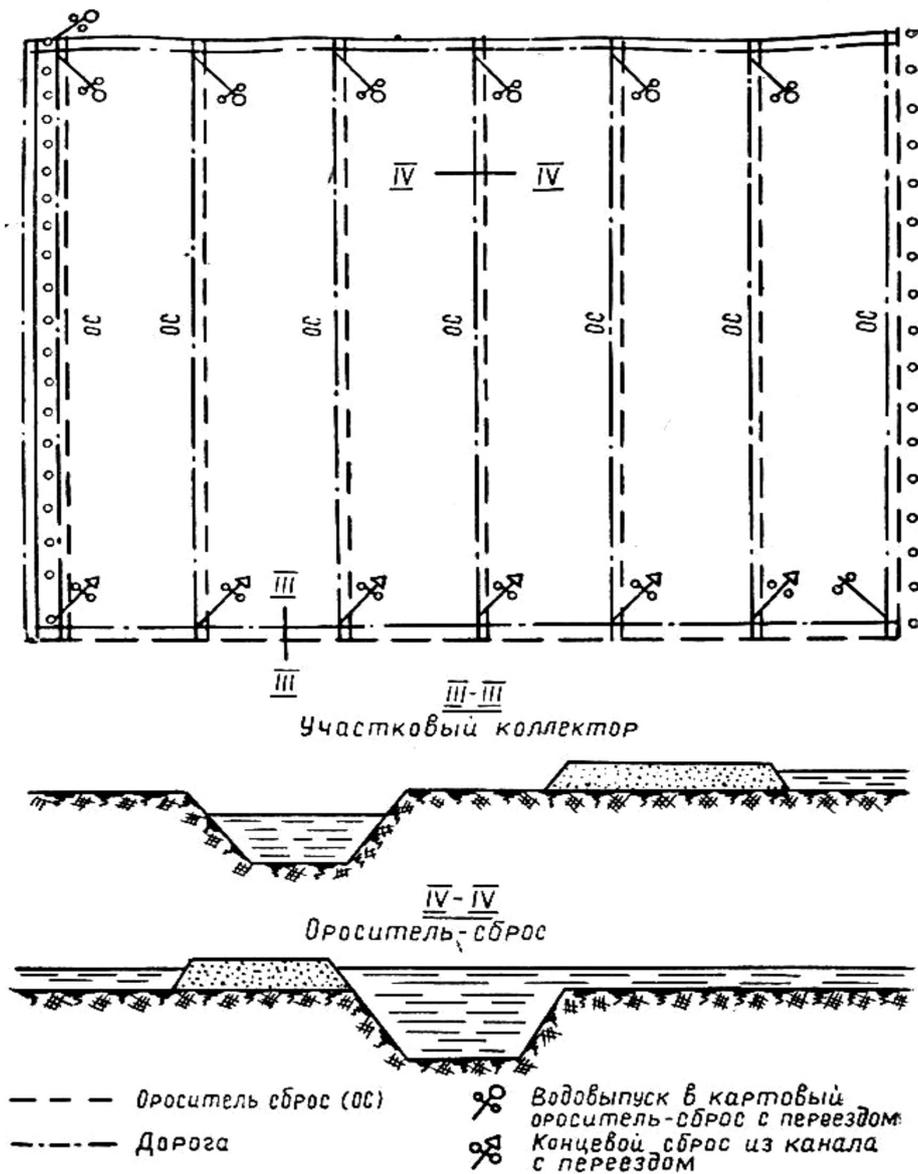


Рис. 2. Схема карт-чеков с широким фронтом затопления и сброса

Каналы располагают по линии наибольшего уклона. Делятся на чеки, поля, поперечным способом приобретая форму трапеции. На рисовых системах Кубани, чтобы равномерно распределялось затопление и так же равномерно происходила сушка чека, по периметру делают однобортные канавки глубиной двадцать сантиметров от нормального начала чека [8, 9].

Источник питает каждый чек, в виде исключения возможен пуск воды через несколько чек, но не более двух [8, 9].

Чек и его площадь возможна от 1 до 6 га. В карты-чеки вода подается по всему фронту

путем переполнения оросителя-сброса. Этот прием более совершенен. Затопление и сброс в условиях карты-чека происходят значительно быстрее, чем в обычных картах (рис. 2).

Картовые оросительные и сбросные каналы краснодарского типа могут быть одностороннего и двустороннего командования [10, 11].

При расположении оросителя рядом со сбросом (1 схема) значительно увеличивается фильтрация из оросителя (рис. 3), пресные фильтрационные воды отводятся в сброс, минуя засоленные почвогрунты рисового поля [10, 11].

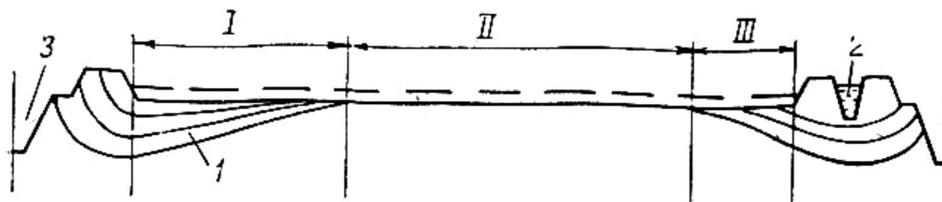


Рис. 3. Поперечный разрез рисовой карты при одностороннем командовании каналов:  
 I – зона промывки (активной фильтрации); II – застойная зона;  
 III – зона заболачивания и засоления; 1 – фронт продвижения промывных вод;  
 2 – ороситель одностороннего командования; 3 – дренажно-сборный канал

Схема 2, когда все каналы имеют двустороннее командование, является наиболее рациональной [10, 11].

### Выводы

1. Проведя оценку эффективной работы мелиоративных систем на основе отечественного и зарубежного опыта, можно сделать вывод, что правильное планирование проектирования систем, а также правильное и умное компьютеризирование всей системы мелиорации даст качественный и нужный результат при эксплуатации системы.

2. Создавая единообразную мелиоративную систему рисосеяния, мы получаем экономию оросительной воды и улучшение работы конструктивных элементов системы.

3. Создавая благоприятные условия для рисовых культур, мы получаем доброякаственный и большой урожай.

### Список литературы

1. Амелин В.П., Владимиров С.А. Методологические аспекты перевода отрасли рисоводства в статус экологически безопасного и устойчивого производства // Научн. журнал Труды КубГАУ. 2010. Вып. 4 (25). С. 152–156.
2. Владимиров С.А., Хатхоху Е.И., Чебанова Е.Ф. Севообороты для экологического рисоводства // Науч. журнал Труды КубГАУ. 2017. Вып. 6 (69). С. 290–297.
3. Приходько И.А., Скорченко Ю.В. Влияние культуры риса на мелиоративное состояние почв рисовой оросительной системы // Науч. журнал Труды КубГАУ. 2011. Вып. 28. С. 181–184.

4. Амелин В.П., Владимиров С.А. Методика расчета эффективности использования земель рисового ирригированного фонда // Научный журнал Труды КубГАУ. 2009. Вып. 4 (19). С. 227–230.

5. Прус Д.В., Хатхоху Е.И. К вопросу о необходимости реконструкции рисовых оросительных систем Кубани // Вестник научно-технического творчества молодежи Кубанского ГАУ. В 4 т. / сост. А.Я. Барчукова, Я.К. Тосунгов; под ред. А.И. Трубилина, отв. ред. А.Г. Коцаев. Краснодар: КубГАУ, 2016. Т. 2. Вып. 1. С. 37–41.

6. Головин М.А., Крылова Н.Н. Усовершенствование конструкций рисовых оросительных систем // Научный журнал «Эпомен». 2018. № 16. С. 45–49.

7. Чеботарев М.И., Приходько И.А. Инновационный комплекс технологических операций для повышения мелиоративного состояния почв рисовой оросительной системы // Науч. журнал Труды КубГАУ. 2011. Вып. 28. С. 169–172.

8. Гартвих О.А., Крылова Н.Н., Хатхоху Е.И. Способ орошения риса в системе севооборота // Научный журнал «Эпомен». 2018. № 13. С. 108–112.

9. Хатхоху Е.И., Ткаченко В.Т. Применение современной оросительной техники // Итоги научно-исследовательской работы за 2015 год: сб. ст. по материалам 71-й научно-практической конференции преподавателей / отв. за вып. А.Г. Коцаев. Краснодар: КубГАУ, 2016. С. 164–165.

10. Владимиров С.А. Критерии продуктивного использования земельных ресурсов и устойчивости агроландшафтов // Земельные и водные ресурсы: мониторинг эколого-экономического состояния и модели управления: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 10-летию Института землеустройства, кадастров и мелиорации (23–25 апреля 2015 г.). Улан-Удэ: Изд-во БГСХА им. В.Р. Филиппова, 2015. С. 187–191.

11. Побелат Д.А., Кулаков М.В., Чебанова Е.Ф. Назначение Краснодарского водохранилища // Экология речных ландшафтов: сб. ст. по материалам II Междунар. конф. / отв. за вып. Н.Н. Мамась. Краснодар: КубГАУ, 2018. С. 184–187.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПАТТЕРНОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

**Власова В.Д., Бужинская Н.В.**

*Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал)  
ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»,  
Нижний Тагил, e-mail: Neina1@yandex.ru*

В статье рассматриваются возможности шаблонов проектирования для решения различных задач, перечислены их типы. Паттерн представляет собой готовый фрагмент кода (шаблон), который применяется для решения задач определенных типов. В зависимости от типа задачи определяется тип паттерна. В области программирования существуют разные мнения о целесообразности применения паттернов. Паттерн имеет следующую структуру: задачу, которая требует решения, описание способа решения, совокупность применяемых классов, примеры решения. Паттерны реализуются на основе классов и методов. Следовательно, применение паттернов требует хороших знаний в области парадигмы объектно-ориентированного программирования, умений работать с классами и объектами. С одной стороны, готовые конструкции для решения задач программирования приводят к стандартизации кода и упрощают его понимание другими разработчиками, а с другой – теряется творческая составляющая процесса решения задачи. В данной статье рассмотрена возможность использования высокоуровневого языка программирования C# для разработки паттерна «Декоратор». Данный паттерн реализуется за счет большого числа классов и поэтому достаточно простой в понимании. Данный паттерн был реализован для анализа успеваемости студентов вуза.

**Ключевые слова:** проектирование, программирование, программа, паттерн, код, C#

## APPLICATION DESIGN PATTERNS FOR THE ANALYSIS OF STUDENT PERFORMANCE

**Vlasova V.D., Buzhinskaya N.V.**

*Nizhny Tagil State Socio-Pedagogical Institute (branch) FSAEI of HE «Russian State Vocational  
Pedagogical University», Nizhny Tagil, e-mail: Neina1@yandex.ru*

The article discusses the possibilities of design patterns for solving various problems, lists their types. A pattern is a ready-made code fragment (template) that is used to solve certain types of problems. Depending on the task type, the pattern type is determined. In the field of programming, there are different opinions about the appropriateness of using patterns. The pattern has the following structure: a problem that requires a solution, a description of the solution method, a set of classes used, examples of solutions. Patterns are implemented based on classes and methods. Therefore, the use of patterns requires a good knowledge of the paradigm of object-oriented programming, skills to work with classes and objects. On the one hand, ready-made designs for solving programming problems lead to the standardization of code and simplifies its understanding by other developers, and on the other hand, the creative component of the problem solving process is lost. This article discusses the possibility of using a high-level C# programming language for the development of the «Decorator» pattern. This pattern is implemented due to a large number of classes and is therefore quite easy to understand. This pattern was implemented to analyze the performance of University students.

**Keywords:** design, programming, program, pattern, code, C#

Высокая конкуренция в IT-сфере диктует свои правила поведения – современный программист должен хорошо ориентироваться в нескольких парадигмах программирования, грамотно составить техническое задание, уметь презентовать результаты своей работы. В свою очередь, усложнение технологий программирования порождает тенденцию к унификации программного кода, без потери его качества. На реализацию данной цели направлены паттерны проектирования, которые являются сравнительно новыми в программировании. В настоящее время заговорили о становлении «паттернового подхода»,

так как число паттернов постоянно увеличивается [1].

Рассмотрим особенности применения паттернов для обработки данных образовательного процесса. Нашей задачей является разработка программы для выставления оценки студентам по трем предметам: «Высокоуровневые методы информатики и программирования» (далее ВУИ), «Проектирование» и «Программная инженерия». В качестве входных параметров будем использовать следующие критерии оценок:

- выполнил все задания;
- допустил одну ошибку;

Типы паттернов проектирования

Название группы паттернов	Основная функция	Пример
Порождающие паттерны	Функция создания объектов, позволяют системе быть независимой от типов этих объектов и от процесса порождения	Фабричный метод, абстрактная фабрика, строитель, прототип, одиночка
Структурные паттерны	Функция установления связей между объектами	Адаптер, компоновщик, мост, декоратор, фасад, легковес, заместитель
Поведенческие паттерны	Функция коммуникации между объектами	Цепочка обязанностей, команда, состояние, снимок, итератор, посредник, наблюдатель, стратегия, шаблонный метод, посетитель

- не выполнил одно задание;
- не выполнил все задания.

Например, данный список можно оформить в следующем виде:

- экзамен по ВУИ (все верно) – оценка «5»;
- экзамен по проектированию (все верно) – оценка «5»;
- экзамен по инженерии (все верно) – оценка «5»;
- экзамен по ВУИ (допустил одну ошибку) – оценка «4» и т.д.

Для реализации данной цели нам необходимо определить тип паттерна, выбрать язык программирования для его реализации и протестировать разработанный продукт.

**Материалы и методы исследования**

Выберем тип паттерна. Паттерн (шаблон) проектирования – это уже встречающаяся архитектура программы, которая служит для решения определенной задачи, то есть это шаблон кода, который достаточно взять и переделать для решения своей задачи [2]. Подобная двусмысленность приводит к тому, что эти шаблоны называют как паттернами проектирования, так и паттернами программирования.

К достоинствам применения таких конструкций – шаблонов можно отнести возможность сэкономить время для решения однотипных задач, большая «прозрачность» кода и тем самым лучшее его понимание другими разработчиками, стандартизация кода.

Но паттерны не лишены и недостатков. Во-первых, это сложности с определением области применения того или иного паттерна. Количество паттернов и их сложность приводит к тому, что программисту приходится потратить большее количество времени на их изучение, чем решение задачи с нуля. Во-вторых, про-

граммирования – это область для творчества, поскольку многие задачи нельзя решить стандартными способами, поэтому паттерны могут усложнить данный процесс. В-третьих – применение шаблонов, стандартов, готовых планов приводит к некой зависимости от их возможностей. Программист начинает надеяться, что с их помощью он может решить любую задачу, что абсолютно неверно.

Как правило, паттерн состоит из нескольких формальных частей [3].

- задачи, которую требуется рассмотреть;
- способа решения проблемы;
- структуры классов для решения;
- несколько примеров программного кода;
- связи с другими паттернами.

Следовательно, существует несколько видов паттернов, которые представлены в таблице [4].

Таким образом, каждый паттерн применяется для решения задач в определенной области. Мы остановим свой выбор на паттерне «Декоратор». Этот паттерн применяется для динамического изменения объекта. Кроме того, он позволяет представить решение задачи в виде микроклассов, что облегчает работу с кодом.

*Программная реализация*

Для реализации паттерна будем использовать высокоуровневый язык программирования C# [5, 6].

Упростим взаимодействие между объектами с помощью паттерна «Декоратор». Он позволит динамически в ходе написания кода расширять функционал объекта, назначая дополнительные возможности.

Создадим базовый класс «Экзамен», в котором зададим начальные условия. Изначально объявим оценку «2» для каждого предмета.

Листинг 1

namespace Декоратор

```

{
    public abstract class Экзамен
    {
        public string Дисциплина { get; protected set; }
        public int Оценка { get; protected set; }
        public Экзамен(string дисциплина)
        {
            if (string.IsNullOrEmpty(дисциплина))
            {
                throw new ArgumentNullException(nameof(дисциплина));
            }
            Дисциплина = дисциплина;
            Оценка = 2;
        }
        public override string ToString()
        {
            return $"«Оценка по предмету для {Дисциплина}»";
        }
    }
}

```

Теперь создадим три микрокласса «ВУИ», «Программная инженерия» и «Проектирование». Зададим в них изменение оценки до пяти.

Листинг 2

namespace Декоратор

```

{
    public class ВУИ : Экзамен
    {
        public ВУИ(string дисциплина): base(дисциплина)
        {
            Оценка += 3;
        }
    }
}

```

Микроклассы «Программная инженерия» и «Проектирование» создаются аналогично.

Далее объявим класс «Снижение\_оценки». Следом за ним опять создадим микроклассы «\_ВУИ», «\_Программная инженерия» и «\_Проектирование». При их использовании оценка будет снижаться на единицу.

Листинг 3

namespace Декоратор

```

{
    public abstract class Снижение_оценки : Экзамен
    {
        protected Экзамен Итог { get; set; }
        public Снижение_оценки(Экзамен итог): base(итог.Дисциплина)
        {
            Итог = итог ?? throw new ArgumentNullException(nameof(итог));
            Оценка = итог.Оценка;
        }
    }
}

```

Листинг 4

namespace Декоратор

```

{
    public class _ВУИ : Снижение_оценки
    {
        public _ВУИ(Экзамен итог) : base(итог)
        {
            Оценка -= 1;
        }
    }
}

```

Введем перечисления для объявления критериев оценки. Преобразуем список в нужный вид.

Листинг 5

```
using System.ComponentModel;
namespace Декоратор
{
    public enum Перечисления : int
    {
        [Description(«Экзамен по ВУИ»)]
        vse_vui = 1,
        [Description(«Экзамен по проектированию»)]
        vse_proekt = 2,
        [Description(«Экзамен по программной инженерии»)]
        vse_ing = 3,
    }
}
```

Листинг 6

```
using System.ComponentModel;
namespace Декоратор
{
    public enum Перечисления2 : int
    {
        [Description(«Допустил ошибку»)]
        ne_vui = 1,
        [Description(«Не сделал одно задание»)]
        ne_proekt = 2,
        [Description(«Ничего не сделал»)]
        ne_ing = 3,
        [Description(«Все верно»)]
        None = 0
    }
}
```

В листинге 7 представлен код класса Class1 для выравнивания строчек результата программы для придания читабельного вида.

Листинг 7

```
using System.ComponentModel;
using System.Reflection;
namespace Декоратор
{
    public static class Class1
    {
        public static string GetDescription(this Enum enumElement)
        {
            Type type = enumElement.GetType();

            MemberInfo[] memInfo = type.GetMember(enumElement.ToString());
            if (memInfo != null && memInfo.Length > 0)
            {
                object[] attrs = memInfo[0].GetCustomAttributes(typeof(DescriptionAttribute),
false);
                if (attrs != null && attrs.Length > 0)
                    return ((DescriptionAttribute)attrs[0]).Description;
            }
            return enumElement.ToString();
        }
    }
}
```

В основном теле программы запишем алгоритм решения поставленной задачи. Зададим запрос имени студента и оформим классы в порядке их использования.

Листинг 8

namespace Декоратор

```

{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            Console.WriteLine(«Здравствуйте. Для того, чтобы узнать вашу оценку по экза-
мену, вам нужно вписать имя.»);
            Console.WriteLine(«Ваше имя: «);
            var имя = Console.ReadLine();
            Console.WriteLine(«Смотрите ниже»);
            Экзамен итог = null;
            do
            {
                итог = GetПеречисления(имя);
            }
            while (итог == null);
            while (true)
            {
                итог = GetПеречисления2(итог, out bool finish);
                if (finish)
                {
                    break;
                }
            }
            Console.WriteLine($"{итог}. Ваша оценка: {итог.Оценка}»);
            Console.ReadLine();
        }
        private static Экзамен GetПеречисления2(Экзамен итог, out bool finish)
        {
            finish = false;
            Console.WriteLine(«Проверим правильность заданий:»);
            foreach (Перечисления2 t in Enum.GetValues(typeof(Перечисления2)))
            {
                Console.WriteLine($"{(int)t} - {t.GetDescription()}»);
            }
            var adding = Console.ReadLine();
            if (int.TryParse(adding, out int перечисления2))
            {
                switch ((Перечисления2)перечисления2)
                {
                    case Перечисления2.None:
                        finish = true;
                        return итог;
                    case Перечисления2.ne_vui:
                        return new _ВУИ(итог);
                    case Перечисления2.ne_proekt:
                        return new _Проектирование(итог);
                    case Перечисления2.ne_ing:
                        return new _Инженерия(итог);
                    default:
                        Console.WriteLine(«Вы ввели некорректное значение!»);
                        return итог;
                }
            }
            else
            {
                Console.WriteLine(«Вы ввели некорректное значение!»);
                return итог;
            }
        }
    }
}

```



### Выводы

Таким образом, при использовании паттернов можно упростить решение многих задач, тем самым код становится понятным, структурированным и уменьшаются затраты времени на написание кода. Однако при их использовании стоит помнить, что в программировании большая часть задач не может быть решена посредством стандартных шаблонов и требует внесения дополнительных изменений.

### Список литературы

1. История паттернов [Электронный ресурс]. URL: <https://refactoring.guru/ru/design-patterns/history> (дата обращения: 27.02.2019).
2. Рудаков А.В. Технология разработки программных продуктов: учебное пособие для студентов среднего профессионального образования. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 208 с.
3. Что такое Паттерн? [Электронный ресурс]. URL: <https://refactoring.guru/ru/design-patterns/what-is-pattern> (дата обращения: 27.02.2019).
4. Шпаргалка по шаблонам проектирования [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/210288/> (дата обращения: 27.02.2019).
5. Шарп Д. Microsoft Visual C#. СПб.: Питер, 2017. 848 с.
6. Шилдт Г. C# 4.0: полное руководство. М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2011. 1056 с.

УДК 004.023

## НЕЙРОННЫЕ СЕТИ: ОБЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

**Иванько А.Ф., Иванько М.А., Сизова Ю.А.**

*Московский политехнический университет, Москва, e-mail: alekfed@mail.ru*

В статье раскрывается понятие термина «нейронные сети», дается краткая историческая справка об их развитии, описываются принципы работы и устройства, присущие всем нейронным сетям, а также некоторые из наиболее популярных типов, в частности сверточные, рекуррентные, хопфилдовские. Кроме того, выделены различные области применения и использования искусственных нейронных сетей и рассмотрены основные проблемы искусственных нейронных сетей, возникающие при их создании и использовании. Выбранная тема актуальна сегодня, так как в последние несколько лет мы наблюдали взрыв интереса к нейронным сетям. В связи с этим необходимо иметь представление о том, как работают эти сети и как они устроены, чтобы эффективно использовать такую технологию, зная ее возможности. Современные нейронные сети успешно используются во многих областях – информационные технологии, бизнес, технологии, медицина, геология и другие. В настоящее время нейронные сети вошли в практику везде, где это необходимо для решения задач прогнозирования, распознавания образов, классификации или контроля. В результате этой работы подтверждена эффективность и доступность использования нейросетевых технологий в различных областях человеческой деятельности.

**Ключевые слова:** сеть, нейронная сеть, искусственный интеллект, нейрон, узел, машинное обучение, слой

## NEURAL NETWORKS: GENERAL TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS

**Ivanko A.F., Ivanko M.A., Sizova Yu.A.**

*Moscow Polytechnic University, Moscow, e-mail: alekfed@mail.ru*

The article reveals the concept of the term «neural networks», provides a brief historical background of their development, describes the principles of operation and devices inherent in all neural networks, and some of the most popular types in particular (convolutional, recurrent, Hopfield neural network). In addition, various areas of application and use of artificial neural networks are highlighted, and the main problems of artificial neural networks that arise during their creation and use are considered. The chosen topic is relevant today, as in the past few years we have seen a widespread explosion of interest in neural networks. In this regard, it is necessary to have an idea of how these networks work and how they are arranged in order to effectively use such technology, knowing its capabilities. Modern neural networks are successfully used in many areas – information technology, business, technology, medicine, geology and others. At present, neural networks have entered practice wherever it is necessary to solve problems of forecasting, pattern recognition, classification or control. As a result of this work, the effectiveness and availability of the use of neural network technologies in various areas of human activity is confirmed.

**Keywords:** network, neural network, artificial intelligence, neuron, node, machine learning, layer

В последнее время все больше и больше людей говорят о так называемых нейронных сетях, которые в скором времени, по оценкам и прогнозам профессионалов, будут уверенно применяться в робототехнике, в машиностроении и в других совершенно разных сферах человеческой деятельности. Что это за нейронные сети, как они работают, как они используются и как они могут стать полезными для нас?

Нейронные сети являются одним из направлений научных исследований в области создания искусственного интеллекта (ИИ), в основе которого лежит стремление подражать нервной системе человека. Нейронные сети основаны на примитивной биологической модели нервной системы [1].

Искусственные нейроны – это элементарные взаимосвязанные единицы. Искусственный нейрон – это тот же биологический нейрон, но только значительно упрощенный. Если биологический нейрон представляет собой чрезвычайно сложную систему, которая, помимо своего основного

назначения (обработка информации), также выполняет задачи, связанные с его жизнеобеспечением, то в искусственном нейроне для ее выполнения используется только алгоритм биологического нейрона. В планах – самостоятельное изучение компьютеров и их систем. Синапс – это соединение между нейронами, которое используется для отправки и получения информации между ними. Сигнал – актуальная информация для передачи [1–3].

В будущем разработка таких нейробиологических моделей может привести к созданию действительно мыслящих компьютеров. Между тем «простые» нейронные сети, уже построенные системой ST Neural Networks, являются мощными инструментами в арсенале специалиста, например, в прикладной статистике [4, с. 84].

Цель исследования: рассказать о развитии нейронных сетей, выявить основные особенности в работе и структуре нейронных сетей, выявить популярные области их использования.

### Материалы и методы исследования

Исследование области искусственных нейронных сетей проводилось на основе анализа информации, доступной пользователям Всемирной паутины.

### Результаты исследования и их обсуждение

История развития нейронных сетей в науке и технике восходит к появлению первых компьютеров или компьютеров. Итак, еще в 1943 г. Маккалла и Питтс создали упрощенную модель нервной клетки – искусственного нейрона. Кроме того, они предложили построить сеть из этих элементов для выполнения логических операций. Но самое главное, ученые доказали, что такая сеть способна к обучению. В конце 1940-х гг. Дональд Хебб разработал механизм нейронной сети, который заложил правила компьютерного обучения [1, 5, 6].

Дальнейшая хронология событий была следующей. В 1954 г. произошло первое практическое использование нейронных сетей в работе компьютеров. В 1958 г. Фрэнк Розенблат разработал алгоритм распознавания образов и математическую аннотацию к нему. В 1960-х гг., после публикации работы по машинному обучению в Минске и Паперте, интерес к развитию нейронных сетей немного угас. Они обнаружили основные вычислительные проблемы, связанные с компьютерной реализацией искусственных нейронных сетей. Одной из важных проблем была слабая мощь компьютеров того времени, которая не позволяла эффективно обрабатывать огромное количество вычислений, необходимых для больших нейронных сетей. Интерес к нейронным сетям возродился еще в 1980-х гг., когда компьютеры достигли высокой вычислительной мощности. Именно в этот период появляется система с механизмом обратной связи, разрабатываются алгоритмы самообучения [1, 7].

К 2000 г. мощь компьютеров выросла настолько, что они смогли воплотить в жизнь

самые смелые мечты ученых прошлого. На данный момент существуют программы для распознавания голоса, компьютерного зрения и многое другое [1].

### Принцип нейронной сети

Одной из причин популярности нейронных сетей является их замечательная способность учиться на наблюдаемых примерах и делать приемлемые выводы на основе неполной, зашумленной и неточной входной информации. Решение, основанное на нейронных сетях, может выглядеть и вести себя как обычное программное обеспечение, но отличие состоит в том, что реализация, основанная на нейронных сетях, скорее «обучается», чем программируется: сама сеть учится выполнять задачу, а не программируется напрямую [8, с. 1, 9]. Рассмотрим особенности их работы.

В искусственных сетях используются искусственные нейроны, которые являются компьютерными процессорами. То есть искусственная нейронная сеть представляет собой множество взаимосвязанных процессоров, которые выполняют несколько процессов одновременно [10].

Нейронные сети – это инструменты машинного обучения, в которых компьютер учится выполнять определенную задачу, анализируя примеры обучения. Как правило, эти примеры предварительно помечаются вручную.

Например, в системе распознавания объектов можно сохранить тысячи помеченных изображений домов, автомобилей, стульев и т.д. И она сможет найти визуальные закономерности и особенности этих изображений, чтобы в дальнейшем связать их с конкретными метками (рис. 1).

Проще говоря, дети так же учатся – например, детям показывают разные красные объекты, чтобы позже они могли независимо ассоциировать этот «тег» со всеми красными объектами. Однако для разработки хотя бы отдаленного технического аналога связей нашего мозга требуется создание сложного механизма [11].

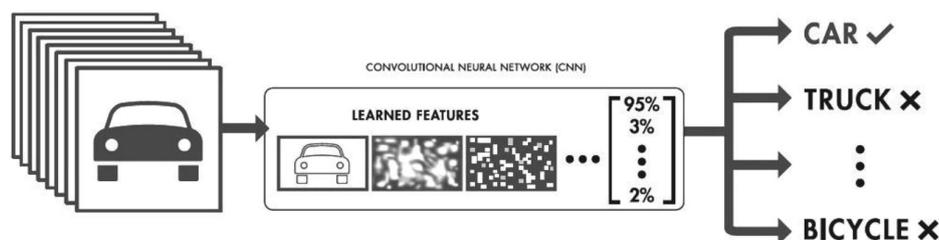


Рис. 1. Пример сетевого обучения

Все нейронные сети состоят из тысяч или миллионов простых, но тесно взаимосвязанных узлов обработки информации, обычно организованных по слоям. Это похоже на нейроны и синапсы в мозге. Мы индуцируем узел с помощью исходных данных, а этот узел, в свою очередь, индуцирует узлы, связанные с ним. Различные типы сетей различаются в зависимости от количества слоев, количества соединений между узлами и количества узлов в каждом из уровней [11, 12].

Задача первого «входного» слоя состоит в обработке нашей информации. Задача «скрытого» слоя, которого может быть достаточно большое количество, выполнить задачу, для которой мы строим нейронную сеть, – заняться анализом. И задача «выходного» слоя – представить информацию в окончательном виде. Каждый узел – это искусственный нейрон. Важны только входные и выходные узлы, поэтому они предполагают, что узлы в середине скрыты, хотя они выполняют большую часть работы [13, 12].

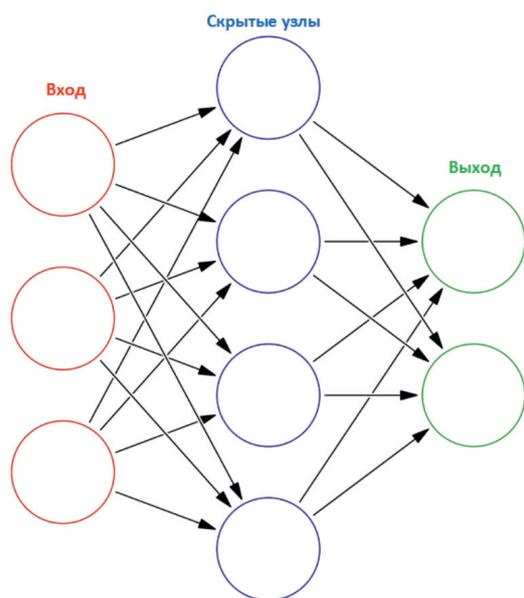


Рис. 2. Схема устройства простой сети

Большинство современных нейронных сетей (рис. 2) организованы в слои узлов, в которых данные перемещаются только в одном направлении. Один узел может быть подключен к нескольким узлам на нижележащем уровне, с которого он получает данные, и к нескольким узлам на уровне над ним, на который он отправляет данные [11].

Каждому из его узлов входящих соединений присваивается номер, известный как «вес». В активной сети узел получает от

каждого входящего соединения другой элемент данных, другое число, символизирующее электрический сигнал, и умножает его на уже указанный вес, а затем складывает эти значения, полученные из всех входов, вместе, получая одно число. Если число превышает пороговое значение, определенное функцией активации, которая принимает это число в качестве аргумента, узел «работает», что в современных нейронных сетях обычно означает отправку числа – суммы взвешенных входных данных – по всем исходящим от него соединениям [11, 2].

В режиме обучения для всех весов и порогов нейронной сети первоначально устанавливаются случайные значения. Учебные данные поступают на нижний уровень – входной слой – и проходят через последующие слои, умножаются и складываются, пока не достигнут выходного уровня. Во время обучения шкалы и пороги постоянно корректируются до тех пор, пока данные тренировки с одинаковыми метками не получат аналогичные результаты [11].

Возможность обобщения является основным критерием при выборе оптимальной сетевой архитектуры. Сеть, обученная на подмножестве обучающих выборок, генерирует ожидаемые результаты, когда на ее вход отправляются данные, принадлежащие к тому же набору, но не участвующие непосредственно в процессе обучения. Выбор оптимальной структуры сети сводится к уменьшению количества скрытых нейронов и межнейронных соединений, то есть к уменьшению сети с использованием различных методов или к построению сети [14, с. 3].

И так, в общем, для различных задач используются определенные типы и типы нейронных сетей, среди которых можно выделить:

- сверточные нейронные сети,
- текущие нейронные сети,
- нейронная сеть Хопфилда.

Далее мы рассмотрим их более подробно.

#### *Сверточные нейронные сети*

Сверточные сети являются одним из самых популярных типов искусственных нейронных сетей. Таким образом, они оказались эффективными в распознавании визуальных изображений (видео и изображений), рекомендательных систем и языковой обработки.

Сверточные нейронные сети хорошо масштабируются и могут использоваться для распознавания образов любого разрешения. Эти сети используют объемные трехмерные нейроны. Внутри одного слоя нейроны связаны только небольшим полем, называемым рецептивным слоем.

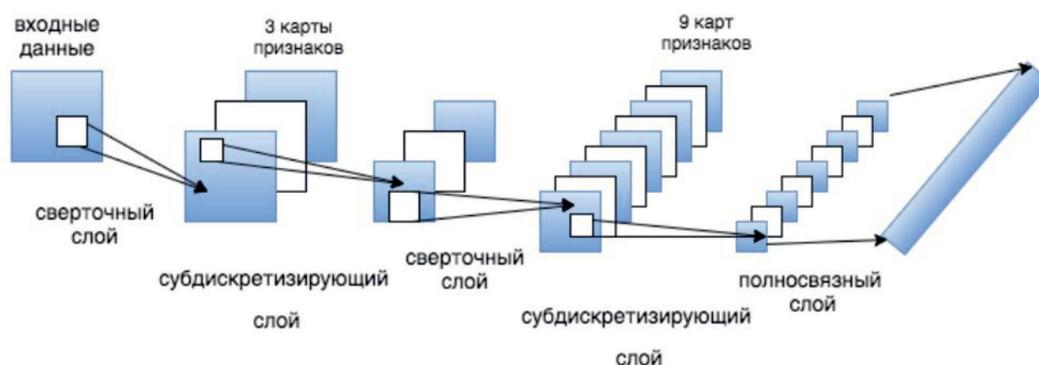


Рис. 3. Сверточная архитектура нейронной сети

Идея классических сверточных нейронных сетей состоит в том, чтобы использовать чередующиеся сверточные слои и слои подвыборки и многослойный перцептрон на выходе (рис. 3).

Нейроны соседних слоев связаны посредством механизма пространственной локализации. Работу многих из этих слоев обеспечивают специальные нелинейные фильтры, которые реагируют на растущее количество пикселей.

#### Рекуррентные нейронные сети

Рекуррентными называются такие нейронные сети, в которых связи между нейронами образуют ориентировочный цикл, который в свою очередь имеет следующие характеристики:

- каждое соединение имеет свой вес, это тоже приоритет;
- узлы делятся на два типа: входные и скрытые.

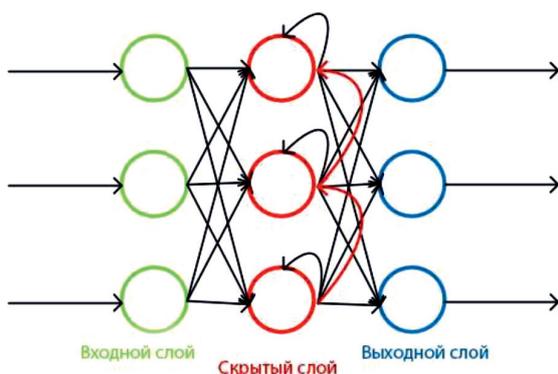


Рис. 4. Схема рекуррентной нейронной сети

Информация в рекуррентной нейронной сети (рис. 4) передается не только по

прямой, слой за слоем, но и между самими нейронами, образуя звенья обратной связи. Важной отличительной чертой рекуррентной нейронной сети является наличие так называемой «зоны внимания», когда машине могут быть назначены определенные фрагменты данных, которые требуют улучшенной обработки.

Рекуррентные нейронные сети используются при распознавании и обработке текстовых данных. В частности, на их основе работает гугл-переводчик – яндекс-алгоритм «Палех», который ищет смысл, а не слова голосового помощника Apple Siri.

#### Нейронная сеть Хопфилда

Эта модель является одной из наиболее распространенных математических моделей в нейробиологии. Сеть Хопфилда (рис. 5) представляет собой разновидность нейронных сетей с обратной связью. Эта сеть состоит из одного слоя нейронов, число которых также равно количеству входов и выходов сети. Каждый из ее нейронов имеет один вход, через который поступает сигнал, а его выход соединен со всеми другими нейронами. Поэтому эти сети часто также называют полностью связанными.

Считается, что выход каждого нейрона замкнут через элемент единичной задержки для всех других нейронов. Это означает, что нейрон сети Хопфилда не имеет обратной связи с самим собой [5, 15].

Существует три основных варианта использования сетей этого типа:

##### 1. Ассоциативная память.

Это распределенная память, которая обучается на основе ассоциаций. С помощью ассоциативной памяти становится возможным восстановить сэмпл, ранее сохраненный в сеть, из искаженного сэмпла, подаваемого на его вход.

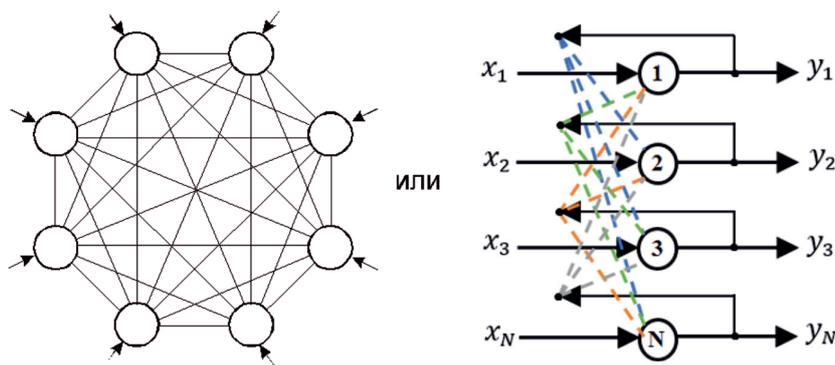


Рис. 5. Схема нейронной сети Хопфилда

## 2. Распознавание образов.

В конце расчета значения «замораживаются», и сеть может использоваться непосредственно для распознавания.

3. Решение задач комбинаторной оптимизации [5, 16].

Список областей, в которых нейронные сети нашли применение, огромен. Это включает в себя распознавание и классификацию изображений, а также прогнозирование и решение задач аппроксимации, а также некоторые аспекты сжатия данных, анализа данных и т.д. [17]. С каждым годом искусственные нейронные сети все больше и больше развиваются, и сегодня они наиболее активно используются в следующих областях:

- машинное обучение. Он основан на обучении искусственному интеллекту на примере миллионов подобных задач. В настоящее время машинное обучение активно внедряется поисковыми системами Google, Yandex, Bing, Baidu. Таким образом, на основе миллионов поисковых запросов, которые мы каждый день вводим в поисковые системы, их алгоритмы учатся показывать нам наиболее подходящие результаты, чтобы мы могли найти именно то, что ищем;

- в робототехнике. Здесь нейронные сети используются при разработке многочисленных алгоритмов для так называемых железных «мозгов» роботов.

- архитекторы компьютерных систем используют нейронные сети для решения задачи параллельных (одновременных) вычислений;

- с помощью нейронных сетей математика может решать различные сложные математические задачи [1];

- в экономике. Здесь нейронные сети чаще всего используются для прогнозирования цен, обменных курсов, а также для оптимизации торговли на рынке. Самый популярный пакет нейронных сетей называется

Brain Marker, его основная цель – найти решение нетрадиционных задач, таких как прогнозирование акций или моделирование различных рыночных ситуаций. Он основан на нейронной сети, которая учится на многих примерах [18, с. 80];

- в системах безопасности и охраны: распознавание лиц. Технология распознавания лиц с использованием нейронной сети позволяет защищать мобильные устройства от доступа других лиц и, соответственно, от кражи личных данных, таких как Apple Face ID, а также помогает находить и идентифицировать преступников в местах, где большое количество людей перемещается с помощью видеокамер, установленных там – искусственная нейронная сеть МВД [18, с. 80, 19];

- в промышленном производстве. В качестве примеров успешного использования нейронных сетей в этой области можно упомянуть оптимизацию режимов производственного процесса, управление процессами обработки, предотвращение аварийных ситуаций и т.д. Большой опыт был накоплен в использовании искусственных нейронных сетей в управлении качеством в промышленности. Например, нейронная сеть, используемая на предприятиях Intel для выявления дефектов в производстве микросхем, способна отбраковывать неисправный чип с точностью до 99,5%. А специалисты Национального института стандартов и технологий (NIST), применяя звуковые волны и получая отраженный сигнал, а затем обрабатывая искусственную нейронную сеть, проверяют качество бетона при толщине материала до полуметра [20, с. 14, 21];

- в медицине. Искусственные нейронные сети нашли широкое применение для решения задач медицинской диагностики. Например, группа ученых из Стэнфордского университета разработала нейронную сеть, которая может диагностировать

пневмонию на основе нескольких рентгеновских лучей, и делает это не хуже, чем практикующие рентгенологи. Такие программы помогут диагностировать заболевания у пациентов в отдаленных регионах, где ощущается нехватка квалифицированных кадров [14, с. 2, 22].

Значительно увеличилось количество военных разработок с использованием нейронных сетей, ориентированных на создание сверхбыстрых, «умных» суперкомпьютеров [14, с. 2].

В геологии нейронные сети прямого распространения являются наиболее перспективными для решения задач картографирования ландшафтно-экологических систем. Задача картирования территории состоит в том, чтобы определить характеристики яркости физиогномических особенностей – растительности, открытых участков почвы или водных поверхностей, анализируя спутниковые изображения с помощью нейронной сети [23].

В интернет-технологиях. Здесь на основе нейронных сетей внедряются такие технологии, как электронные секретари и пользовательские агенты в интернете, фильтрация информации, блокировка спама и автоматическая рубрикация новостных каналов [20, с. 14].

#### *Проблема скрытности нейронных сетей*

Быстро развивающиеся технологии искусственного интеллекта, частью которых являются искусственные нейронные сети, все еще могут представлять определенную опасность для людей. Это связано с тем, что разработчики не могут получить доступ к тому, что происходит внутри сети, в этом «черном ящике». Мы формируем входы, затем рассчитываем выходы и просто сравниваем их друг с другом. У нас нет возможности подробно и пошагово проследить, как рассчитывались выходные значения. Такой способ выполнения вычислений в «черном ящике» чрезвычайно усложняет процесс интерпретации результатов и модификации сети – неясно, что нужно изменить в нем, чтобы стать более точным. Соответственно, нам трудно контролировать процессы, происходящие в нейронной сети, и прогнозировать поведение этих программ.

В науке сейчас происходит резкий слом – изменение устоявшейся модели. И если раньше такие изменения происходили таким образом, что ученые как-то могли проверять происходящее, то теперь мы видим, что те же сверточные нейронные сети дают хорошие практические результаты, но они все еще остаются для нас «черным ящиком» [24, 25].

### Заключение

Главной характеристикой нейронных сетей является то, что они обучаются и это обучение основано на примерах. Процесс обучения искусственным нейронным сетям происходит с использованием специальных алгоритмов, и за последние пару десятилетий он стал намного быстрее и проще. Несмотря на небольшие недостатки, нейронные сети являются мощным инструментом и способны успешно решать самые разные задачи. Именно поэтому технология искусственных нейронных сетей широко востребована в различных сферах жизни общества и в науке. Кроме того, популярность нейронных сетей, несомненно, растет, а сферы их применения расширяются. Таким образом, нейронные сети обещают создание всех новых программ и устройств, способных решать, что пока может делать только человек.

### Список литературы

1. Чайка П. Нейронные сети: их применение, работа // Научно-популярный журнал Познавайка. 2018 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.poznavayka.org/nauka-i-tehnika/neyronnyie-seti-ih-primenenie-rabota/> (дата обращения: 31.01.2009).
2. Зенин А.В. Исследование использования нейронных сетей // Молодой ученый. 2017. № 16. С. 130–140. [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/archive/150/42394/> (дата обращения: 31.01.2009).
3. Колесников П. Искусственные нейронные сети (ИНС) – что такое нейронные сети, как они работают, преимущества и недостатки искусственных нейронов с использованием нейронных сетей // Информационно-технологический портал. 2016 [Электронный ресурс]. URL: [# № 5](https://www.stevsky.ru/kompiuteri/iskusstvennie-neyronnie-seti-ins-chto-takoe-neyroseti-kak-oni-rabotaiut-preimuschestva-i-nedostatki-iskusstvennich-neyronov-gde-ispolzuiutsya-irose) (дата обращения: 31.01.2009).
4. Дроздов Г.Д., Чузинов А.А. Направление развития нейросетевых технологий в страховом бизнесе // Теория и практика обслуживания: экономика, социальная сфера, технологии. 2009. № 1. С.83–89.
5. Скобцов Ю.А. Нейронные сети в вычислительной технике // Файловый архив для студентов. 2016 [Электронный ресурс]. URL: <https://studfiles.net/preview/5683134/> (дата обращения: 31.01.2009).
6. Режепа В. Простые слова о комплексе: что такое нейронные сети? // Новостной портал о технологиях. 2017 [Электронный ресурс]. URL: <https://gagadget.com/another/27575-prostyimi-slovami-o-slozhnom-chto-takoe-neyronnyie-seti/> (дата доступа: 01.01.2019).
7. Дударов С.П. История нейронных сетей // Портал об искусственном интеллекте. 2013 [Электронный ресурс]. URL: <https://neuronus.com/history/5-istoriya-nejronnykh-setej.html> (дата обращения: 31.01.2009).
8. Абрагин А.В. Перспективы развития и применения нейронных сетей // Проблемы современной науки и образования. 2015. № 12 [Электронный ресурс]. URL: <https://ipi1.ru/images/PDF/2015/42/perspektivy-razvitiya.pdf> (дата обращения: 31.01.2009).
9. Шайбаков Р.А. Использование нейросетевого аппарата для определения границ геологических объектов // Технические науки: традиции и инновации: материалы Международной научной конференции (Челябинск, январь

- 2012 г.). Челябинск: Два комсомольца, 2012. С. 8–11. URL: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/6/1491/> (дата обращения: 31.01.2009).
10. Омаров Т.З. Концепция искусственной нейронной сети // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 5 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/05/66203> (дата обращения: 31.01.2009).
11. Альборова А. Как обучать машины: зачем искусственному интеллекту нужны нейронные сети // Футуристический научно-популярный портал. 2017 [Электронный ресурс]. URL: <https://futurist.ru/articles/1092-kak-uchatsya-mashini-zachem-iskusstvennomu-intellektu-nuzhni-neyronnie-seti> (дата обращения: 31.01.2009).
12. Маслов А.С., Пальцев В.Ю. Нейронные сети // Международный студенческий научный вестник. 2018. № 3. URL: <http://eduherald.ru/ru/article/view?id=18219> (дата обращения: 31.01.2009).
13. Степанов П.П. Искусственные нейронные сети // Молодой ученый. 2017. № 4. С. 185–187. URL: <https://moluch.ru/archive/138/38781> (дата обращения: 31.01.2009).
14. Михайлов А.С., Староверов Б.А. Проблемы и перспективы использования искусственных нейронных сетей для идентификации и диагностики технических объектов. Вестник ИГЭУ. 2013. № 3. [Электронный ресурс]. URL: [http://vestnik.ispu.ru/sites/vestnik.ispu.ru/files/publications/str\\_64-68.pdf](http://vestnik.ispu.ru/sites/vestnik.ispu.ru/files/publications/str_64-68.pdf) (дата обращения: 31.01.2009).
15. Золотин И.А. Использование нейронной сети Хопфилда для формирования ассоциативной памяти // Евразийский научный журнал. 2016. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://journalpro.ru/articles/primeneniye-neyronnoy-seti-khopfilda-dlya-formirovaniya-assotsiativnoy-pamyati/> (дата обращения: 31.01.2009).
16. Соколова Н. Нейронная сеть Хопфилда // Блог об электронике, микроконтроллерах и программировании MicroTechnics. 2015 [Электронный ресурс]. URL: <https://microtechnics.ru/nejronnaya-set-hopfilda/> (дата обращения: 31.01.2009).
17. Маркова С.В., Жигалов К.Ю. Использование нейронной сети для создания системы распознавания изображений // Фундаментальные исследования. 2017. № 8. С. 60–64.
18. Малыгина Ю.П. Нейронные сети: особенности, тенденции, перспективы развития // Молодой исследователь Дон. 2018. № 5. С. 79–82.
19. Тимофеев Н. Где искусственные нейронные сети уже используются в России? // Блог «Современные технологии». 2018 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.voipclub.ru/2018/03/gde-uzhe-primenyayut-iskusstvennye-neyronnye-seti-v-rossii.html> (дата обращения: 31.01.2009).
20. Никитенко Ф. Б. Нейронные сети // Образовательный портал по логистике. 2018 [Электронный ресурс]. URL: <http://letopisi.org/images/archive/e/e1/20180205035931%21%D0%A0%D0%9D%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D1%82%D0BB%D0%BD%D0%BA%D0%BE.pdf> (дата обращения: 31.01.2009).
21. Кузичкин А.А. Нейронные сети в промышленности и информационных технологиях // Инновационный центр развития образования и науки. 2015 [Электронный ресурс]. URL: <http://izron.ru/articles/razvitiye-tehnicheskikh-nauk-v-sovremennom-mire-sbornik-nauchnykh-trudov-po-itogam-mezhdunarodnoy-na-sektsiya-2-informatika-vychislitel'naya-tehnika-i-upravlenie-spezializatsiya-05-13-00/nejronnye-seti-v-promyshlennosti-i-informatsionnykh-tehnologiakh/> (дата обращения: 30.01.2009).
22. Кузнецов В. Нейронная сеть ставит диагнозы не хуже врачей // Научно-популярный портал о высоких технологиях. 2017 [Электронный ресурс]. URL: <https://hi-news.ru/medicina/nejronnaya-set-stavit-diagnozy-ne-xuzhe-vrachej.html> (дата обращения: 27.01.2009).
23. Зарубин О.А. Использование нейронных сетей с целью анализа данных дистанционного зондирования Земли // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 8. [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/08/70887> (дата обращения: 31.01.2009).
24. Крылов А. Анализ медицинских изображений // Интернет-журнал о пост-науке. 2017 [Электронный ресурс]. URL: <https://postnauka.ru/faq/80995> (дата обращения: 31.01.2009).
25. Чучуева И. Модели прогнозирования: нейронные сети // Математическое бюро. 2012 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.m bureau.ru/blog/modeli-prognozirovaniya-neyronnye-seti> (дата обращения: 31.01.2009).

УДК 681.5

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ МНОГОСВЯЗНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ В ПЕРЕКРЕСТНЫХ СВЯЗЯХ

Ильясов Б.Г., Елизарова А.В., Сaitова Г.А.

*Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа,  
e-mail: elizarovaanastasia@gmail.com*

Статья посвящена исследованию многосвязных систем автоматического управления (МСАУ) с запаздыванием в перекрестных связях. Рассматривается линейная многосвязная система автоматического управления, состоящая из множества идентичных (однотипных) сепаратных подсистем и связей через многомерный объект управления. Объектом исследования является многомерная САУ с запаздыванием со связями через объект управления. Для исследования линейных многосвязных систем автоматического управления используется метод декомпозиции, при котором данная система рассматривается как множество управляемых подсистем, взаимосвязанных и взаимодействующих друг с другом и образующих единое целое. Поэтому многосвязные системы автоматического управления можно описать на уровне физических подсистем и многомерных элементов связи между ними, которые рассматриваются в качестве первичных базовых элементов системы. Сложность управления многомерными объектами заключается в наличии перекрестных связей в многосвязных объектах управления и наличии запаздываний в разных частях объекта. Цель работы – на основе системного подхода описания многосвязной системы автоматического управления через характеристики связей и характеристики подсистем предлагается определение устойчивости системы с запаздыванием в перекрестных связях. Эффективность предложенного подхода подтверждена с помощью моделирования системы в пакете MATLAB SIMULINK.

**Ключевые слова:** многосвязная система автоматического управления, запаздывание, метод декомпозиции, устойчивость, перекрестные связи, прямые каналы

## THE STUDY OF THE STABILITY OF MULTI-CONNECTED CONTROL SYSTEM WITH DELAY IN THE CROSS-CONNECTIONS

Ilyasov B.G., Elizarova A.V., Saitova G.A.

*Ufa State Aviation Technical University, Ufa, e-mail: elizarovaanastasia@gmail.com*

The article is devoted to the study of multi-connected automatic control systems (MSAC) with cross-linking. A linear multi-connected automatic control system consisting of a set of identical (similar) separate subsystems and connections through a multidimensional control object is considered. The object of the study is a multi-dimensional SAC with delay with links through the control object. For the study of linear multi-connected automatic control systems, the decomposition method is used, in which the given system is considered as a set of controlled subsystems, interconnected and interacting with each other and forming a single whole. Therefore, multi-connected systems of automatic control can be described at the level of physical subsystems and multidimensional elements of communication between them, which are considered as the primary basic elements of the system. The complexity of managing multidimensional objects lies in the presence of cross-links in multi-linked control objects and the presence of delays in different parts of the object. The purpose of the work – on the basis of a systematic approach to the description of multi-connected automatic control system through the characteristics of links and characteristics of subsystems is proposed to determine the stability of the system with delay in cross-links. The effectiveness of the proposed approach is confirmed by modeling the system in the MATLAB SIMULINK package.

**Keywords:** multi-connected automatic control system, delay, decomposition method, stability, cross-connections, direct channel

Многосвязная система автоматического управления (МСАУ) – система, в которой одновременно осуществляется регулирование нескольких взаимосвязанных координат. Из-за тесной взаимосвязи между процессами регулирования отдельных координат в таких системах тяжело изучать в полной мере процессы самой системы [1, 2].

Наличие запаздывания в системах автоматического управления усложняет задачу управления объектом, особенно если объект еще и многомерный. Потому что задержка в контуре управления приводит к возрастанию фазового сдвига, которая способна спровоцировать неустойчивость замкнутой системы, в том числе при наличии небольших коэффициентов усиления регулятора [3, 4].

В статье рассматривается линейная многосвязная система автоматического управления, состоящая из множества идентичных (однотипных) сепаратных подсистем и связей через многомерный объект управления. Объектом исследования является МСАУ с запаздыванием со связями через объект управления (рис. 1).

Данная МСАУ представляется с помощью следующих уравнений движения:

$$\begin{cases} X(s) = W(s)U(s), \\ U(s) = R(s)(X^0(s) - X(s)), \end{cases} \quad (1)$$

где  $X^0(s)$ ,  $X(s)$ ,  $U(s)$  – векторы задающих, регулируемых, управляющих воздействий соответственно;

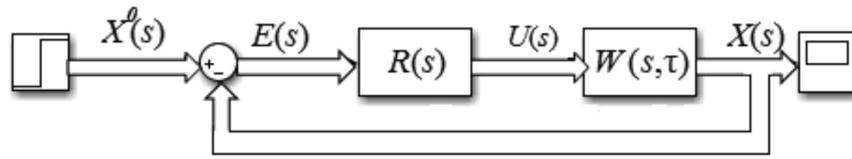


Рис. 1. Структурная схема МСАУ:  $X^0(s)$ ,  $X(s)$  – векторы входных и выходных величин;  $E(s)$  – единичная матрица;  $W(s, \tau)$  – передаточная функция;  $R(s)$  – МПФ регулятора

$W(s) = \|W_{ij}(s)\|_{n \times n}$  – матричная передаточная функция (МПФ) многомерного объекта по управляющим воздействиям, с запаздыванием в перекрестных связях;  $R(s) = \text{diag}\{R_1(s), R_2(s), \dots, R_n(s)\}$  – МПФ сепаратных регуляторов [5, 6].

Цель исследования: на основе системного подхода описания МСАУ через характеристики связей и характеристики подсистем предлагается определение устойчивости системы с запаздыванием в перекрестных связях.

Используем подход, где линейная МСАУ рассматривается как множество управляемых подсистем, взаимосвязанных и взаимодействующих друг с другом и образующих единое целое. Данный вид системы можно описать на уровне физических подсистем и многомерных элементов связи между ними, которые рассматриваются в качестве первичных базовых элементов системы [7, 8].

Рассмотрим однотипную МСАУ с запаздыванием в подсистемах. Передаточные функции объекта управления (ОУ)  $W_{ij}(s)$  – однотипные, следовательно:

$$R_1 W_1 = R_2 W_2 = \dots = R_n W_n,$$

где  $W_{ij}(s) = \frac{K_{ij}(s)}{T_0 + 1}$  – матричная передаточная функция многомерного объекта;

$R_{ii}(s) = \frac{K_i(T_i s + 1)}{s(\tau_0 s + 1)}$  – передаточная функция регуляторов с учётом требования астатизма первого порядка по каждому из каналов, равные между собой.

Для МСАУ, соответствующей системе уравнений (1), передаточные функции индивидуальных характеристик подсистем имеют вид [9]:

$$\Phi_{ii}(s) = \frac{R_{ii}(s)W_{ii}(s)}{1 + R_{ii}(s)W_{ii}(s)}. \quad (2)$$

Для полной МСАУ, состоящей из  $n$  подсистем и соответствующей системе уравне-

ний (1), характеристика связи (ХС) в общем виде между  $k$  подсистемами имеет вид

$$h_k(s) = \frac{\det[W_{ij}(s)\gamma_{ij}]_{k \times k}}{\det[W_{ij}(s)\delta_{ij}]_{k \times k}},$$

где  $W_{ij}(s)$  – передаточные функции МСАУ.

$$\gamma_{ij} = \begin{cases} 0, & i = j, \\ e^{-\tau s}, & i \neq j, \end{cases}$$

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j, \\ 0, & i \neq j, \end{cases} \quad k = \overline{2, n}; \quad i, j = \overline{2, n}.$$

Характеристическое уравнение МСАУ в общем виде имеет вид

$$D(\Phi, h) = 1 + h_2^*(s)\Phi^2(s) + h_3^*(s)\Phi^3(s) + \dots + h_n^*(s)\Phi^n(s) = 0, \quad (3)$$

где  $h_k^*(s) = h_k(s)e^{-\tau s}$ ,  $k = 1, \dots, n$ .

Проанализируем уравнение связей относительно переменной  $x$ :

$$D(s, x) = 1 + h_2^*(s)x^2 + h_3^*(s)x^3 + \dots + h_n^*(s)x^n = 0. \quad (4)$$

Данное уравнение получается из (3) с помощью подстановки  $\Phi(s)e^{-\tau s} = x$ .

Построив на комплексной плоскости годограф функции  $W_3(j\omega)$  без запаздывания, и корни уравнения (4)  $x_i = 1, 2$ , можно найти критическое значение  $\tau_{кр}$ .

Для нахождения критического значения запаздывания  $\tau_{кр}$  необходимо, чтобы годограф  $\Phi(j\omega)$ , построенный на одной комплексной плоскости с корнями уравнения (3), проходил через ближайший из них и не охватывал при этом другие, то есть МСАУ оказалась на границе устойчивости [10, 11]. Из этого условия получаем систему из двух уравнений относительно  $\tau$  и  $\omega_0$ :

$$|\Phi^*(\tau, \omega_0)| = |x_i^*|, \quad \arg \Phi^*(\tau, \omega_0) = \arg x_i^* + i. \quad (5)$$

Критическое значение запаздывания  $\tau_{кр} = \min \{ \tau_{кр} \}$ ,  $i = 1, n$  – это минимальное из найденных значений  $\tau_i$ .

Согласно известному критерию устойчивости для многомерных систем необходимо и достаточно, чтобы годограф амплитудно-фазовой характеристики (АФХ) подсистем  $\Phi^*(j\omega, \tau)$ , для всех  $\omega \in (-\infty, +\infty)$ , построенный на плоскости корней уравнения связи, не охватывал ни один из его корней [11].

### Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим многосвязную САУ с тремя одинаковыми подсистемами, где передаточная функция каждой равна  $W(s) = \frac{1}{1,1s^2 + s}$ . Характеристики связей равны  $h_2 = 2,015$ ;  $h_3 = 0,76$ .

Матричная передаточная функция:

$$W(s) = \begin{vmatrix} W_{11} & W_{12} & W_{13} \\ W_{21} & W_{22} & W_{23} \\ W_{31} & W_{32} & W_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0,2 & 0,1 \\ 1 & 1 & 1,35 \\ 0,5 & 0,1 & 1 \end{vmatrix}.$$

Добавив запаздывание в перекрестные связи, получаем

$$W(s) = \begin{vmatrix} 1 & 0,2 \times e^{0,01s} & 0,1 \times e^{0,01s} \\ 1 \times e^{0,02s} & 1 & 1,35 \times e^{0,02s} \\ 0,5 \times e^{0,04s} & 0,1 \times e^{0,04s} & 1 \end{vmatrix},$$

где  $\tau_1 = 0,02$ ;  $\tau_2 = 0,05$ ;  $\tau_3 = 0,07$ .

Характеристическое уравнение связи для САУ с тремя подсистемами равно

$$D(s, x) = 1 + h_2^*(s)x^2 + h_3^*(s)x^3 = 0. \quad (6)$$

Корни характеристического уравнения связи (6) при  $\omega = 0$  равны:

$$x_{1,2} = 1,9864 \pm 1,1352i;$$

$$x_3 = -1,3176 + 0,0000i.$$

Так как корни характеристического уравнения не пересекают годограф  $W(j\omega)$ , следовательно, система устойчива (рис. 2). Эффективность подхода подтверждена с помощью моделирования (рис. 3) [12, 13].

Поскольку колебания затухают, следовательно, это свидетельствует об устойчивости трехсвязной МСАУ при данных значениях запаздываний.

Повлиять на устойчивость системы можно не только с помощью других значений  $\tau$ , но и изменив коэффициенты перекрестных связей.

Рассмотрим ту же замкнутую САУ с тремя одинаковыми подсистемами, где передаточная функция каждой равна  $W(s) = \frac{1}{1,1s^2 + s}$ . Характеристики связей равны  $h_2 = 4,23$ ;  $h_3 = -0,914$ .

Матричная передаточная функция:

$$W(s) = \begin{vmatrix} W_{11} & W_{12} & W_{13} \\ W_{21} & W_{22} & W_{23} \\ W_{31} & W_{32} & W_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 3,85 & 1,1 \\ 0,9 & 1 & 1,7 \\ 0,35 & 0,5 & 1 \end{vmatrix}.$$

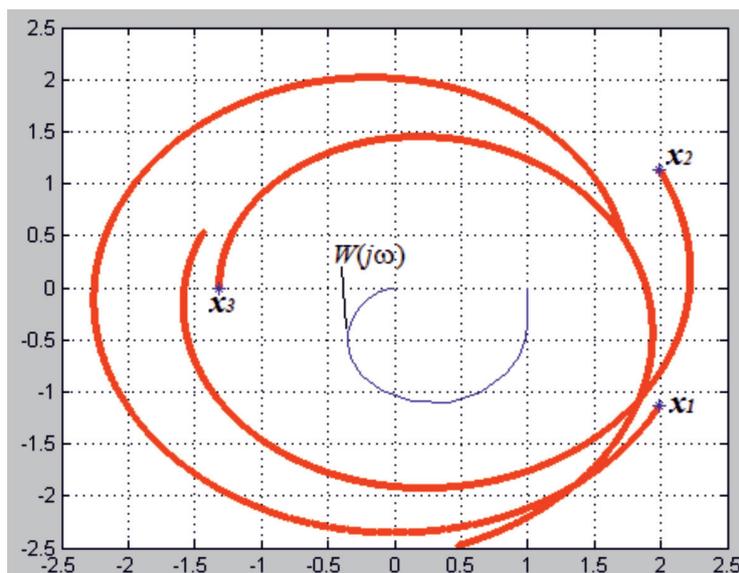


Рис. 2. Годограф МСАУ с запаздыванием в перекрестных связях

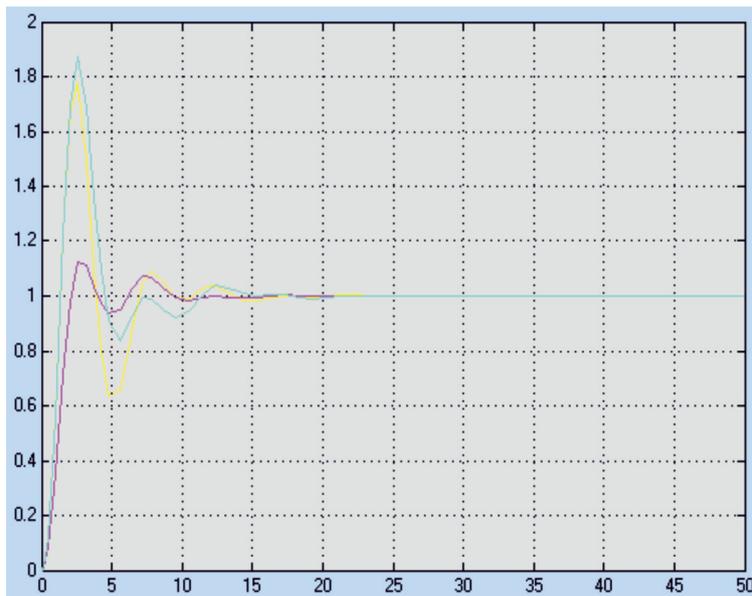


Рис. 3. Переходный процесс МСАУ с запаздыванием в перекрестных связях

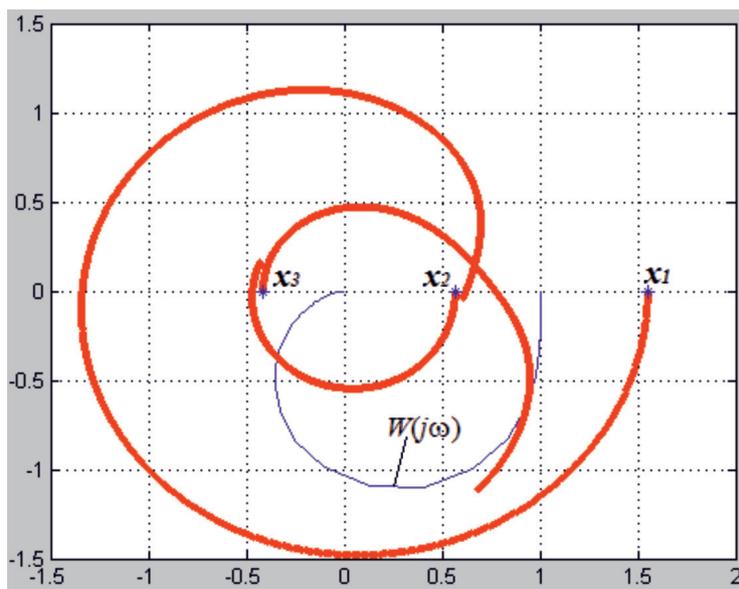


Рис. 4. Годограф МСАУ с запаздыванием в перекрестных связях

Добавив запаздывание в перекрестные связи, получаем

$$W(s) = \begin{vmatrix} 1 & 3,85 \times e^{0,01s} & 1,1 \times e^{0,01s} \\ 0,9 \times e^{0,02s} & 1 & 1,7 \times e^{0,02s} \\ 0,35 \times e^{0,04s} & 0,5 \times e^{0,04s} & 1 \end{vmatrix},$$

где  $\tau_1 = 0,02$ ;  $\tau_2 = 0,05$ ;  $\tau_3 = 0,07$ .

Корни характеристического уравнения связей (6) при  $\omega = 0$  равны

$$\begin{aligned} x_1 &= 1,5348; \\ x_2 &= 0,5658; \\ x_3 &= -0,4134. \end{aligned}$$

Так как один корень характеристического уравнения находится в области годографа  $W(j\omega)$ , следовательно, система неустойчива (рис. 4).

Эффективность подхода подтверждена с помощью моделирования (рис. 5), где видно, что система выходит из состояния равновесия в неустойчивое [13].

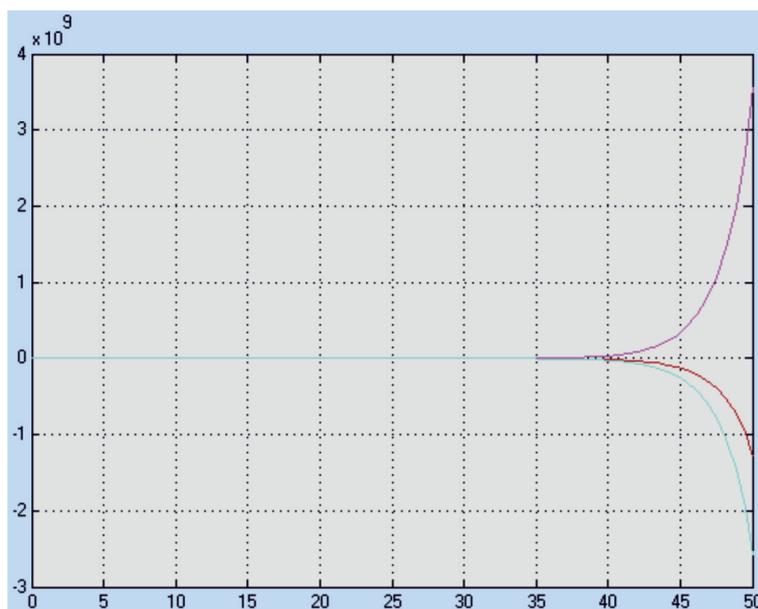


Рис. 5. Переходный процесс МСАУ с запаздыванием в перекрестных связях

### Заключение

В работе предложен метод декомпозиции, который позволяет с помощью описания МСАУ через характеристики связей и характеристики подсистем определить устойчивость МСАУ с запаздыванием. Также рассмотрен способ нахождения критического значения запаздывания для многосвязных систем. Правильность результатов подтверждена с помощью моделирования МСАУ с запаздыванием в перекрестных связях.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (Гранты РФФИ №18-08-00702 А, 18-08-01299 А).

### Список литературы

1. Дядик В.Ф., Байдали С.А., Криницын Н.С. Теория автоматического управления: учеб. пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 196 с.
2. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. СПб.: Питер, 2015. 336 с.
3. Елизарова А.В. Исследование линейных многосвязных систем автоматического управления с запаздыванием в прямых и перекрестных связях // Актуальные проблемы науки и техники: материалы 11 Всероссийской зимней школы-семинара магистрантов, аспирантов и молодых ученых

(с международным участием): в 3 т. / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. Уфа: РИК УГАТУ, 2018. С. 88–92.

4. Филимонов А.Б. Спектральная декомпозиция систем с запаздываниями. Компенсация запаздываний. М.: Издательство физико-математической литературы, 2002. 288 с.
5. Бороденко В.А. Сборник задач по теории автоматического управления: учебно-методич. пособие. Павлодар: Кареку, 2009. 112 с.
6. Ким Д.П. Сборник задач по теории автоматического управления // Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. М.: Физматлит, 2008. 328 с.
7. Ильясов Б.Г., Сайтова Г.А. Исследование линейных многосвязных САУ с запаздыванием // ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор». 2012. С. 131–135.
8. Ильясов Б.Г., Васильев В.И., Валеева Р.Г. Анализ устойчивости систем автоматического управления: учеб. пособие. Уфа: УГАТУ, 2006. 204 с.
9. Соловьев В.В., Шадрин В.В., Шестова Е.А. Исследование нечетких систем управления в среде Matlab: учеб. пособие. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2015. 54 с.
10. Ильясов Б.Г., Сайтова Г.А. Анализ устойчивости динамических систем, представленных в полиномиальной векторно-матричной форме // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2018. № 2. С. 3–10.
11. Дорф Р.К., Бишоп Р.Х. Современные системы управления. М.: Лаборатория базовых знаний, 2014. 831 с.
12. Поляков К.Ю. Теория автоматического управления для «Чайников». СПб., 2008. 80 с.
13. Гудвин Г.К., Гребс С.Ф., Сальгадо М.Э. Проектирование систем управления. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. 911 с.

УДК 004.89

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ВСЕМИРНОЙ ЗИМНЕЙ УНИВЕРСИАДЫ 2019 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

**Крутиков А.К.**

*ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», Киров, e-mail: yadrodisk@yandex.ru*

В статье описан прогноз, произведенный с помощью прототипа программы на основе искусственных нейронных сетей. В качестве основных нейронных сетей используются обобщенно-регрессионная нейронная сеть и нейронная сеть с радиально-базисными функциями. Представлена структура прототипа программы, и основные системные требования для его функционирования. Прогноз осуществлен относительно командного места в неофициальном командном зачете Всемирной зимней Универсиады 2019 г. в г. Красноярске, для четырех стран: Российской Федерации, Республики Казахстан, Республики Корея (Южная Корея) и Китайской Народной Республики. Для прогноза в отношении каждой национальной команды составлена обучающая выборка, состоящая из набора векторов статистических данных, в виде вещественных чисел. Описан подход к созданию обучающей выборки для обучения нейронных сетей. Приведены графики, характеризующие статистические данные обучающей выборки, и результаты прогноза. Описан прототип программы, с помощью которой были произведены эксперименты. Рассмотрены перспективы дальнейших исследований в этом направлении, необходимость анализа набора факторов и параметров при спортивном прогнозировании. Полученные в результате экспериментов данные прогноза могут быть использованы специалистами в области физической культуры и спорта.

**Ключевые слова:** искусственная нейронная сеть, спортивный результат, прогноз, прогнозирование, нейрон, обучающая выборка, спорт, всемирная универсиада, Универсиада-2019, сборная, эксперимент

## PREDICTING THE RESULTS OF WORLD WINTER UNIVERSIADE 2019 USING NEURAL NETWORKS

**Krutikov A.K.**

*Vyatka State University, Kirov, e-mail: yadrodisk@yandex.ru*

The article describes the forecast made with the help of a prototype program based on artificial neural networks. As the main neural networks are used generalized regression neural network and neural network with radial basis functions. The structure of the prototype program and the basic system requirements for its operation are presented. The forecast was made regarding the team place in the unofficial team competition of the world winter Universiade 2019 in the city Krasnoyarsk, for four countries: the Russian Federation, the Republic of Kazakhstan, the Republic of Korea (South Korea) and the people's Republic of China. A training sample consisting of a set of vectors of statistical data in the form of real numbers is compiled for the forecast for each national team. An approach to creating a training sample for neural networks training is described. The graphs characterizing the statistical data of the training sample and the results of the forecast are presented. The prototype of the program with which the experiments were carried out is described. The prospects of further research in this direction, the need to analyze a set of factors and parameters in sports forecasting. Obtained as a result of experiments, the forecast data can be used by experts in the field of physical culture and sports.

**Keywords:** artificial neural network, athletic performance, forecast, forecasting, neurons, training set, sports, the world University games, Universiade-2019, the team, experiment

Спортивное прогнозирование – процесс предсказания, необходимый для планирования в процессе спортивной подготовки и работы в сфере спорта. Планирование в спорте на основе прогнозов используется различными специалистами в сфере физической культуры и спорта, тренерскими штабами, селекционерами, «скаутами» команд, аналитическими и букмекерскими агентствами.

Прогнозирование в спорте различается по срокам и может быть краткосрочным, среднесрочным, долгосрочным и сверхдолгосрочным. Вид и результат прогноза в спорте может быть различным и в зависимости, от цели, таким результатом может быть как определенный численный результат, процент вероятности исхода того или иного

состязания, так и указание наступления конкретного события во временных рамках состязания. Однако, вне зависимости от вида прогноза и ожидаемого результата, спортивное прогнозирование требует анализа набора факторов, на него влияющих. Компьютерные технологии и современные методы искусственного интеллекта позволяют производить такой анализ факторов и осуществлять прогнозирование, получая при этом результат. Ряд исследователей в области искусственного интеллекта используют в качестве инструмента прогнозирования нейронные сети [1]. Существующие модели нейронных сетей обладают способностью к обобщению, выявлению зависимостей в имеющихся объемах данных [2], что является важными свойствами

при обработке данных, необходимых для корректных прогнозов в спорте.

В качестве основных моделей нейронных сетей в данной работе используется обобщенно-регрессионная нейронная сеть и радиально-базисная нейронная сеть. Обобщенно-регрессионная сеть успешно проявила себя при прогнозировании индивидуальных результатов спортсмена этапа спортивного совершенствования [3] и при прогнозировании исхода боксерского поединка за титул чемпиона мира [4], эксперименты с использованием нейронной сети с радиально-базисными функциями, в качестве инструмента прогнозирования, в виде спорта легкая атлетика, также завершились достаточно точными результатами [5].

В данной работе произведен спортивный прогноз, основой которого является определение командного места и количества золотых медалей в неофициальном командном зачете всемирной Зимней Универсиады 2019 г. Прогноз произведен за месяц до данного события. Зимняя универсиада 2019 – традиционные Всемирные студенческо-молодёжные спортивные соревнования, которые проходят с 2 по 12 марта 2019 г. в российском городе Красноярске. Ранее зимние Универсиады ни в СССР, ни в России не проводились [6]. Неофициальный командный зачёт (НКЗ) – распространённая система оценки результатов национальных команд на Олимпийских играх. Цифры неофициального командного зачёта активно используются различными средствами массовой информации, представителями национальных спортивных федераций и национальных олимпийских комитетов, другими заинтересованными сторонами [7].

#### Материалы и методы исследования

Обобщенно-регрессионная нейронная сеть устроена аналогично вероятностной нейронной сети и предназначена для решения задач регрессии, а не классификации. В точку расположения каждого обучающего наблюдения помещается гауссова ядерная функция. Каждое наблюдение свидетельствует о некоторой уверенности в том, что поверхность отклика в данной точке имеет определенную высоту, и эта уверенность убывает при отходе в сторону от точки. Сеть копирует внутри себя все обучающие наблюдения и использует их для оценки отклика в произвольной точке. Окончательная выходная оценка сети получается как взвешенное среднее выходов по всем обучающим наблюдениям, где величины весов отражают расстояние от этих наблюдений до той точки, в которой производится оценивание [8]. Сеть радиально-базисных

функций – искусственная нейронная сеть, которая использует радиальные базисные функции как функции активации. Выходом сети является линейная комбинация радиальных базисных функций входов и параметров нейрона. Сети с радиально-базисными функциями моделируют произвольную нелинейную функцию с помощью всего одного промежуточного слоя [9].

Научными сотрудниками лаборатории «Интеллектуальные системы» Вятского государственного университета был разработан прототип системы прогнозирования спортивных результатов, предполагающая использование нескольких различных модулей, содержащих нейронные сети разных моделей. Нейронные сети, располагающиеся в модулях разработанной системы, тестируются в различных видах спорта и в прогнозах разного временного промежутка. При настройке нейронных сетей используются уникальные параметры каждой из них, такие как структура, целевая ошибка обучения, число эпох обучения, использование нескольких возможных алгоритмов обучения. Каждая нейронная сеть оценивается по точности результатов прогноза и по минимальной среднеквадратичной ошибке обучения.

Стоит отметить что в ряде нейронных сетей, в том числе в сети с радиально-базисными функциями, в качестве одного из критериев оценки используется ошибка обобщения, необходимая при возникновении нулевой ошибки обучения. Это связано с тем, что при низкой или нулевой минимальной среднеквадратичной ошибке обучения, сеть в некотором смысле «заучивает» параметры, предоставляемые в обучающей выборке, и не способна качественно производить действия на векторе, не входящем в массив обучающей выборки.

Обобщенно-регрессионная сеть и сеть радиально-базисных функций расположены в разных модулях. Структура прототипа приведена на рис. 1.

Прототип системы разработан в среде MATLAB, занимает не более 12 Мб места на жестком диске. Рекомендуемые системные требования к ПК: Intel Core i3, 1,7 ГГц, оперативная память от 1 Гб, от 90 Мб свободного места на жестком диске, ОС Windows XP/7/8/10 и выше.

Эксперимент, описанный в этой работе, не предполагает прогнозирования в отдельном виде спорта. Прогноз производится относительно выступления сборной команды на конкретном турнире, при этом это показывает общие тенденции в спортивном прогнозировании, в частности анализ ряда влияющих на результат параметров.

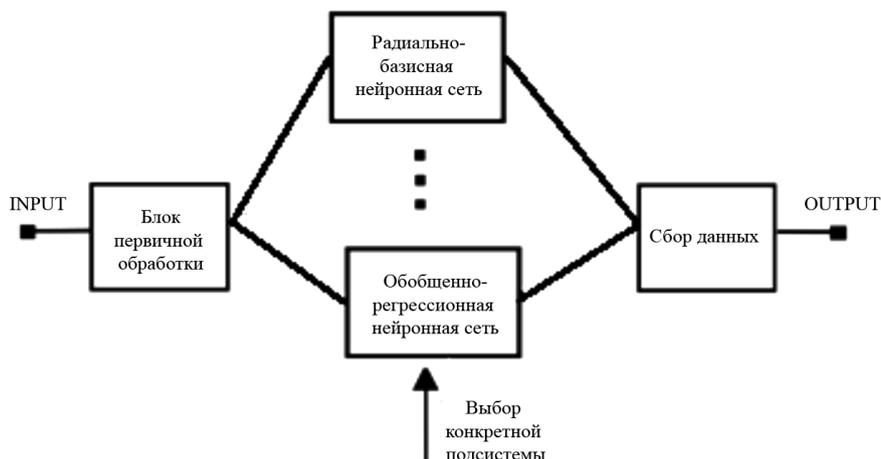


Рис. 1. Обобщенная структура прототипа системы для прогнозирования спортивных результатов на основе искусственных нейронных сетей

Важным элементом при прогнозировании с помощью нейронных сетей является грамотное составление и предобработка обещающей выборки. Как правило, обучающая выборка содержит статистический набор параметров спортсменов или команд. В работе [10] описываются основные социальные и спортивные факторы, которые берутся в качестве обучающей выборки для нейронной сети. Этими факторами являются ВВП на душу населения, население страны (результат сборной которой прогнозируется), фактор выступления на «домашнем» турнире (факт проведения турнира в родной стране сборной команды) и предыдущая статистика выступлений национальной команды. Обучающая выборка составлена с учетом этих факторов, а в качестве статистики предыдущих выступлений используются места в неофициальном командном зачете и количество медалей в формате золото, серебро, бронза, на предыдущих всемирных универсиадах, где принимала участие та или иная сборная команда.

С помощью имеющейся выборки нейронные сети обучены в среде MATLAB. Модули нейронных сетей принимают на вход вектор данных, в результате, после прохождения через нейронную сеть, на выходе модуля имеется численный результат прогноза. Результат прогноза является вещественным числом.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Прогноз произведен для национальных сборных команд четырех стран: РФ, КНР, Республика Казахстан, Республика Корея (Южная Корея). Результатом прогноза

в двух последовательных экспериментах является предполагаемое место страны в командном зачете и предполагаемое количество золотых медалей. Необходимо учитывать тот факт, что число видов спорта на Всемирных студенческих играх меняется каждые два года, в связи с этим число возможных золотых медалей, прогнозируемое для сборной команды, является примерным и в таблице будет обозначено как минимальное.

Обучающая выборка сформирована из векторов, каждый из которых состоит из нескольких вещественных чисел. Вектор представляет собой факторы, описанные ранее, и результаты выступления сборной команды на одной из зимних универсиад, всего в обучающей выборке более 20 векторов. Результирующими векторами являются данные о занятых местах и золотых медалях сборной команды на одной из зимних универсиад. Статистика взята из открытого источника в сети Интернет [11]. Фрагменты результирующих векторов обучающей выборки представлены на рис. 2–3.

При визуальном анализе графиков можно увидеть, что повышение результатов происходило при выступлении команды на «домашней» арене, к примеру победа Китая на Универсиаде 2009 г. в Харбине, и второе место сборной Казахстана на Универсиаде 2017 г. в Алма-Ате. Фрагмент обучающей выборки для прогноза результатов команды КНР приведен на рис. 4. Данные фрагмента являются показателями выступления этой страны на универсиадах за последние двенадцать лет.

Результат прогнозирования представлен в таблице.

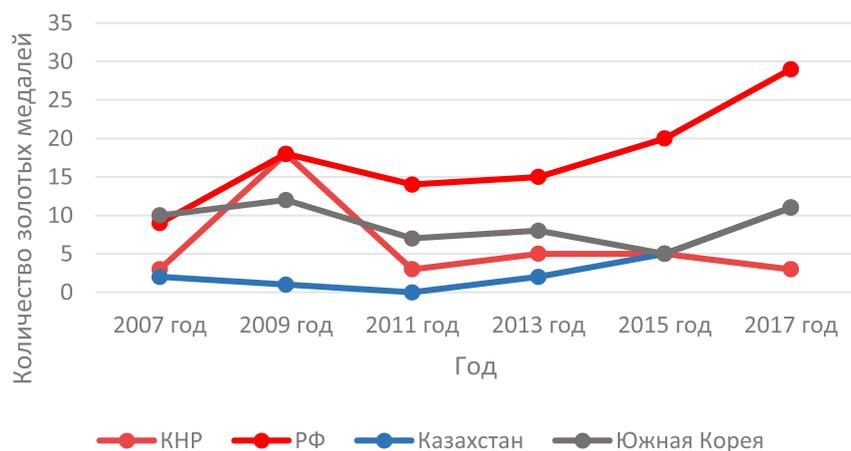


Рис. 2. Фрагмент обучающей выборки, содержащий данные о золотых медалях национальных сборных команд



Рис. 3. Фрагмент обучающей выборки, содержащий данные о местах неофициального командного зачета зимних универсиад

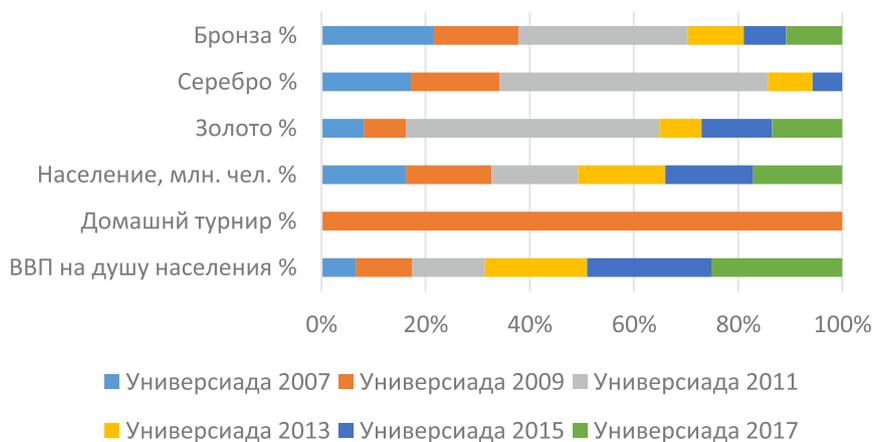


Рис. 4. Фрагмент обучающей выборки, содержащий процентное соотношение показателей выступления КНР на универсиадах за последние двенадцать лет

Результат прогнозирования

Сборные	Обобщенно-регрессионная нейронная сеть		Нейронная сеть с радиально-базисными функциями	
	Место в НКЗ	Количество золотых медалей	Место в НКЗ	Количество золотых медалей
КНР	7	3 ≤	8	3 ≤
РФ	1	14 ≤	1	10 ≤
Казахстан	3	5 ≤	13	2 ≤
Южная Корея	2	5 ≤	2	9 ≤

Как видно из таблицы, прогнозы нейронных сетей заметно отличаются. Обе модели нейронных сетей в результате работы показали, что наиболее вероятной будет победа сборной команды Российской Федерации в неофициальном командном зачете, обе модели нейронных сетей также предсказали второе место сборной Южной Кореи, с разным количеством золотых медалей. Обобщенно-регрессионная нейронная сеть спрогнозировала для команды Казахстана третью строчку командного зачета, в отличие от радиально-базисной нейронной сети, результат прогнозирования которой предрек сборной Республики Казахстан место за пределами тройки лидеров. Для сборной КНР прогноз обобщенно регрессионной нейронной сети – седьмое место НКЗ, радиально базисной-нейронной сети – восьмое, с тремя золотыми медалями.

**Заключение**

Нейронные сети справились с задачей прогнозирования, качество и точность которого предстоит оценить после окончания состязаний. Стоит отметить, что в прогнозировании учитывались только крупные социальные и спортивные факторы, однако не учитывались те факторы, которые влияют на результат в определенных группах дисциплин, такие как изменения программы самих зимних универсиад, данные тренерских штабов, особенности формирования студенческих сборных команд, доминирование национальных команд в определенных видах, ряд финансовых вопросов студенческого спорта и т.п. Обладая более широким спектром данных, следует расширять обучающую выборку и достигать более точных прогнозов. Работы в этом направлении и сборе статистических данных необходимо вести со специалистами и аналитиками по видам спорта, включаемым в программу турнира. Для того чтобы учитывать параметры, связанные с отдельными спортсменами, лидерами национальных команд, следует производить работу с их тренерским штабом.

Усовершенствование прототипа системы и исследования в направлении различных видов прогнозирования на данный момент продолжаются.

Данная работа показывает основные закономерности спортивного прогнозирования, и требования, которые предъявляются к технологиям его осуществляющим.

**Список литературы**

1. Ясницкий Л.Н., Кировоса А.В., Ратегова А.В., Черепанов Ф.М. Прогноз результатов Чемпионата мира 2015 по легкой атлетике методами искусственного интеллекта // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=14423> (дата обращения: 22.02.2019).
2. Васильев А.Н., Тархов Д.А. Принципы и техника нейросетевого моделирования: монография. М., 2015. 211 с.
3. Крутиков А.К. Прогнозирование спортивных результатов в индивидуальных видах спорта с помощью обобщенно-регрессионной нейронной сети // Молодой ученый. 2018. № 12. С. 22–26.
4. Крутиков А.К., Подковырин В.Д., Шалаев Д.А. Прогнозирование исхода боксерского поединка с помощью GRNN-сети. Олимп: // Современные научные исследования и разработки. 2018. № 10 (27). С. 475–478.
5. Крутиков А.К., Мельцов В.Ю., Подковырин В.Д. Модуль прогнозирования спортивных достижений на базе точной нейронной сети с радиально-базисными функциями // Международный научный журнал «Синергия наук». 2018. № 22. С. 791–797.
6. Зимняя Универсиада 2019. [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Зимняя\\_Универсиада\\_2019](https://ru.wikipedia.org/wiki/Зимняя_Универсиада_2019) (дата обращения: 22.02.2019).
7. Неофициальный командный зачет. [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Неофициальный\\_командный\\_зачет](https://ru.wikipedia.org/wiki/Неофициальный_командный_зачет) (дата обращения: 22.02.2019).
8. Обобщенно-регрессионная нейронная сеть. [Электронный ресурс]. URL: [http://studbooks.net/2052401/informatika/obobschenno\\_regressionnaya\\_neyronnaya\\_set](http://studbooks.net/2052401/informatika/obobschenno_regressionnaya_neyronnaya_set) (дата обращения 22.02.2019).
9. Сеть радиально-базисных функций. [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Сеть\\_радиально-базисных\\_функций](https://ru.wikipedia.org/wiki/Сеть_радиально-базисных_функций) (дата обращения 22.02.2019).
10. Ясницкий Л.Н., Павлов И.В., Черепанов Ф.М. Прогнозирование результатов Олимпийских игр 2014 года в неофициальном командном зачете методами искусственного интеллекта // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=11206> (дата обращения: 22.02.2019).
11. Международная федерация университетского спорта. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fisu.net> (дата обращения: 22.02.2019).

УДК 004.08

**О ПРОЦЕДУРЕ ПОРОЖДЕНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ ПУСТЫХ ПОДГРАФОВ****Попов С.В.***ООО «Научно-внедренческая фирма БП+», Москва, e-mail: s-v-popov@yandex.ru*

Практическая значимость комбинаторных задач связана с развитием искусственного интеллекта, который из теоретической области переместился в востребованную практическую сферу. Большое число интеллектуальных задач достаточно естественно переформулируются на языке графов, и для их решения требуется использование теоретико-графовых методов. В частности, большое число задач по описанию разнообразных предметных областей сводится к так называемым графам ортогональности, которые очень естественно позволяют описывать различные соотношения объектов предметной области. В свою очередь для исследования графов ортогональности необходимо проводить исследование совокупностей их максимальных пустых подграфов, что требует достаточно эффективной процедуры порождения последних. При этом должны учитываться определенные условия, которым должны удовлетворять пустые подграфы. Как правило, условия суть следствия, вытекающие из содержательных ограничений на объекты предметной области. Поэтому актуальным представляется создание процедуры порождения в определенном смысле полной совокупности пустых подграфов по заданному графу ортогональности, которая позволила бы учитывать содержательные особенности предметной области. К последним следует отнести в первую очередь отношение близости объектов, которое позволяет существенно снизить перебор при порождении пустых подграфов. В статье представлен теоретический базис такой процедуры, порождающей полную совокупность максимальных пустых подграфов заданного графа ортогональности, и краткое ее описание. Процедура получает на входе матрицу смежности графа, реализована на языке C++ и показала неплохие результаты при порождении объектов предметной области, заданной графом ортогональности. Отличительной ее особенностью является возможность учитывать различные соотношения локальности объектов предметной области, что существенно ускоряет работу.

**Ключевые слова:** комбинаторика, графы, предметные области, пустые подграфы, векторы, порождение пустых графов**THE PROCEDURE OF GENERATING A MAXIMUM EMPTY SUB-GRAPHS****Popov S.V.***LLC Research and development firm BP+, Moscow, e-mail: s-v-popov@yandex.ru*

The practical significance of combinatorial problems is associated with the development of artificial intelligence, which has moved from the theoretical field to the demanded practical sphere. A large number of intelligent problems are naturally reformulated in the language of graphs, and their solution requires the use of graph-theoretic methods. In particular, a large number of tasks to describe a variety of subject areas is reduced to the so-called orthogonality graphs, which very naturally allow us to describe the different relations of objects of the subject area. In turn, for the study of orthogonality graphs, it is necessary to study the sets of their maximal empty subgraphs, which requires a sufficiently effective procedure for generating the latter. This should take into account certain conditions that must be satisfied by empty subgraphs. As a rule, the conditions are the consequences arising from the substantive restrictions on the objects of the subject area. Therefore, it seems relevant to create a procedure for generating in a certain sense a complete set of empty subgraphs for a given graph of orthogonality, which would allow to take into account the substantive features of the subject area. The latter should include, first and foremost, the attitude of the proximity objects, which allows to significantly reduce the bust with the product of the empty sub-graphs. The paper presents a theoretical basis for such a procedure generating a complete set of maximal empty subgraphs of a given orthogonality graph and a brief description of it. The procedure receives the adjacency matrix of the graph at the input, implemented in C++, and showed good results in the generation of objects of the domain specified by the orthogonality graph. Its distinctive feature is the ability to take into account the different ratios of locality of objects of the subject area, which significantly speeds up the work.

**Keywords:** combinatorics, graphs, topics, a blank sub-graphs, vectors, causing empty graphs

Для большого числа прикладных задач, сводящихся к задачам на графах, интерес представляет исследование пустых подграфов [1, 2]. Особенно это важно при принятии решений в сложных предметных областях. Поэтому эффективная процедура построения всех нетривиальных пустых подграфов, удовлетворяющих определенным требованиям, представляется актуальной. Исходя из этого, в статье введена система преобразований графов и, в конечном итоге, – предложена процедура построения всех искомых пустых подграфов. Идея процедуры построения пустых подграфов выглядит так. Мы последовательно рассматриваем подграфы исходного графа, увеличивая их сложность и определяя

для каждого пустые подграфы с искомыми свойствами. Процедура полна, поэтому по окончании работы выдаются все нетривиальные пустые подграфы.

Будем представлять пустые подграфы исходного графа, используя следующие признаки его узлов: узел *входит* в пустой подграф, узел *не входит* в пустой подграф и *неизвестно, входит ли узел* в пустой подграф. Причина возникновения последнего параметра такова. Решаемая здесь задача состоит в построении пустых подграфов, для которых выполняются определенные ограничения (например, на нижнюю оценку числа узлов). Построение осуществляется, переходя от подграфов меньшей сложности к подграфам с большей сложностью. В этом

случае возможна ситуация, когда для некоторых подграфов непонятно, принадлежит ли конкретный узел его пустому подграфу, если факт принадлежности или непринадлежности можно установить лишь в последующем. Именно в этом случае используется термин *неопределённость* относительно вхождения конкретного узла.

Цель статьи: привести теоретический базис процедуры порождения полной совокупности максимальных пустых подграфов по заданному графу ортогональности.

1. Векторное представление графов.

Построение максимальных пустых подграфов осуществляем относительно подграфов исходного графа ортогональности [3]. В частности, пусть  $G_1$  есть подграф графа  $G$ . Тогда пустой граф  $G'_1 \subseteq G_1$  называется *максимальным* в  $G_1$ , если невозможно расширить множество его узлов за счет узлов только графа  $G_1$ . Если  $G'_1 \subseteq G_1$  есть максимальный пустой подграф, то часть узлов  $G_1$  принадлежит  $G'_1$ , а оставшиеся – не принадлежат. Принадлежность узлов подграфа  $G \setminus G_1$  расширению пустого подграфа  $G'_1$  характеризуется *неопределённостью*.

Пусть  $G'_1$  есть максимальный пустой подграф графа  $G_1 \subseteq G$ ,  $N_1$  – есть множество узлов  $G'_1$ ,  $N_0$  – узлы подграфа  $G_1 \setminus G'_1$ . Обозначим  $N_-$  – множество узлов графа  $G$ , которые не входят в  $G_1$ . Очевидно, что *каждый узел из  $N_0$  смежный хотя бы с одним узлом из  $N_1$ , и каждый узел из  $N_1$  смежный хотя бы с одним узлом из  $N_0$* .

Пусть  $G_1$  и  $G_2$  суть подграфы графа  $G$ , и  $G_1 \cup G_2$  есть их объединение, включающее ребра только этих подграфов. В исходном графе  $G$  могут встречаться ребра, инцидентные одновременно узлам  $G_1$  и  $G_2$ , но в объединение  $G_1 \cup G_2$  они не включены. Тем самым объединение  $G_1 \cup G_2$  не расширяет множества ребер графов  $G_1$  и  $G_2$ .

Пусть  $G'_1 \subseteq G_1 \subseteq G$  и  $G'_2 \subseteq G_2 \subseteq G$  – максимальные пустые подграфы. Опишем максимальный в  $G_1 \cup G_2$  пустой подграф, который есть подграф объединения  $G'_1 \cup G'_2$ . В него не включены узлы, которые не принадлежат хотя бы одному из подграфов  $G'_1$  или  $G'_2$ . Таким образом, результирующему пустому подграфу принадлежат лишь часть узлов объединения  $G'_1 \cup G'_2$ , именно те, которые не принадлежат множеству  $G_1 \setminus G'_1 \cup G_2 \setminus G'_2$ . Тем не менее обозначим результирующий граф, полученный из пустых подграфов  $G'_1$  и  $G'_2$ , как описано выше, также  $G'_1 \cup G'_2$ .

Распространим операцию  $\cup$  на множества пустых подграфов. Пусть  $G^*_1$  и  $G^*_2$  суть множества максимальных пустых подграфов. Тогда  $G^*_1 \cup G^*_2 = \{G_1 \cup G_2 \mid G_1 \in G^*_1, G_2 \in G^*_2\}$ .

Введем векторное обозначение подграфов. Пусть в графе  $G$  имеются  $N$  узлов, ко-

торые перенумерованы числами от 1 до  $N$ , и подграф  $G_1 \subseteq G$  включает пустой подграф  $G'$ . Тогда подграф  $G'$  определяет вектор  $v_{G'} = (v_1, v_2, \dots, v_N)$  длины  $N$ , компоненты которого суть  $\langle 0, 1, \_ \rangle$ . Если узлы  $n_1, n_2, \dots, n_q$  принадлежат  $G'$ , то в векторе  $v_{G'}$  на соответствующих местах  $n_1, n_2, \dots, n_q$  стоит 1. Эти компоненты вектора  $v_{G'}$  суть *единичные*. Если узлы  $m_1, m_2, \dots, m_s$  принадлежат дополнению  $G_1 \setminus G'$ , то в векторе  $v_{G'}$  на соответствующих местах  $m_1, m_2, \dots, m_s$  стоит 0. Эти компоненты вектора  $v_{G'}$  суть *нулевые*. Иным узлам подграфа  $G \setminus G_1$  в векторе  $v_{G'}$  соответствуют компоненты « $\_$ ». Будем называть их *незначащими*, так как мы не знаем, будут ли входить эти узлы в расширение пустого подграфа  $G'$  по мере расширения графа  $G_1$ .

Элементы базиса  $\langle 0, 1, \_ \rangle$  упорядочены следующим образом  $0 < \_ < 1$ . Компоненты 0 и 1 называются *ортогональными*. Это позволяет ввести лексикографический порядок на множестве векторов: векторы  $v_1$  и  $v_2$  находятся в отношении  $v_1 < v_2$  тогда и только тогда, когда каждая пара  $(v', v'')$  соответствующих компонентов векторов соответственно  $v_1$  и  $v_2$  находятся в отношении  $v' < v''$ . В этом случае говорим, что вектор  $v_2$  *поглощает* вектор  $v_1$ .

Введем *произведение* векторов над базисом  $\langle 0, 1, \_ \rangle$ : произведение ортогональных элементов равно 0, в остальных случаях  $v_1 \times v_2 = \min(v_1, v_2)$ . Затем распространим ее на векторы: произведение  $v_1 \times v_2$  векторов  $v_1$  и  $v_2$  вычисляется покомпонентным умножением. Теперь распространим операцию  $\times$  на множества векторов. Если  $v^*_1$  и  $v^*_2$  суть два множества векторов, то  $v^*_1 \times v^*_2 = \{v_1 \times v_2 \mid v_1 \in v^*_1, v_2 \in v^*_2\}$ .

*Пример 1.* Пусть  $v_1 = (0, 1, \_, 1, \_)$ ,  $v_2 = (\_, 1, 1, 0, \_)$ . Тогда  $v_1 \times v_2 = (0, 1, 1, 0, \_)$ .

Установим соответствие между операцией объединения пустых подграфов и произведением векторов. Пусть пустые подграфы  $G'_1$  и  $G'_2$  определяют векторы соответственно  $v_1$  и  $v_2$ . Если узел  $n \in G'_1$ , (компонент  $v_n = 1$ ), а в векторе, определяемом подграфом  $G'_2$ , компонент  $v_n \neq 0$ , то узел  $n$  входит в объединение  $G'_1 \cup G'_2$ . И в векторе, определяемом  $G'_1 \cup G'_2$ , этому узлу соответствует единичный компонент. Аналогично, если узел  $n \in G'_2$  и в векторе  $v_{G'_1}$  компонент  $v_n \neq 0$ , то узел  $n$  входит в объединение  $G'_1 \cup G'_2$ , и в векторе, определяемом  $G'_1 \cup G'_2$ , этому узлу соответствует единичный компонент. Если же в векторе, определяемом подграфом  $G'_1$  или  $G'_2$ , узлу  $n$  соответствует нулевой компонент, то узел  $n$  не входит в объединение  $G'_1 \cup G'_2$ , и в векторе, определяемом объединением  $G'_1 \cup G'_2$ , соответствующий компонент нулевой.

Таким образом, узел входит в объединение  $G'_1 \cup G'_2$  подграфов, если он входит хотя бы в один подграф, а в другом отсутствует указание, что он в него не входит. Это обозначает, что единичный компонент, определяемый объединением, появляется лишь в случае, когда в одном векторе соответствующий компонент равен 1, а в другом он не нулевой.

*Пример 2.* Пусть подграф  $G'_1$  определяет вектор  $(1, 1, 0, \_)$ , а  $G'_2 - (\_ , 0, \_ , 1)$ . Тогда объединение  $G'_1 \cup G'_2$  определяет вектор  $(1, 0, 0, 1)$ .

*Пример 3.* Пусть полный подграф  $G$  с узлами 1, 2, 3, 4 является подграфом в графе с 5 узлами и не известно, какие ребра инцидентны узлу 5. Пустые подграфы подграфа  $G$ , определяют векторы:  $(1, 0, 0, 0, \_)$ ,  $(0, 1, 0, 0, \_)$ ,  $(0, 0, 1, 0, \_)$ ,  $(0, 0, 0, 1, \_)$ . Здесь пятый компонент есть  $\_$ , так как не известно отношение инцидентности узла 5. К этим векторам следует добавить вектор  $(0, 0, 0, 0, \_)$ , исходя из того, что узлы 1, 2, 3, 4 могут не входить в пустой подграф, когда в него входит узел 5. Учитывая наличие последнего вектора, можно ввести обобщение: теперь векторы образуют множество  $(\_ , 0, 0, 0, \_)$ ,  $(0, \_ , 0, 0, \_)$ ,  $(0, 0, \_ , 0, \_)$ ,  $(0, 0, 0, \_ , \_)$ .

*Пример 4.* Пусть  $G$  есть венчик с вершиной 1 и висячими узлами 2, 3, 4, имеется еще узел 5, для которого не известно отношение инцидентности. В этом случае пустые подграфы определяют векторы  $(1, 0, 0, 0, \_)$ ,  $(0, \_ , \_ , \_ , \_)$ . Во втором векторе первые три не значащих компонента обозначают, что вхождение узлов 2, 3, 4 в пустой подграф определяется не известным отношением инцидентности узла 5.

*Пример 5.* Пусть два подграфа определяют векторы  $(0, \_ , \_ , 0)$  и  $(\_ , 0, \_ , \_)$ . Это значит, что в первый подграф не входят узлы 1 и 4, а во второй – узел 2. Про остальные узлы расширений этих подграфов ничего сказать нельзя. Тогда  $(0, \_ , \_ , 0) \times (\_ , 0, \_ , \_ ) = (0, 0, \_ , 0)$ . То есть в объединение соответствующих пустых графов не входят узлы 1, 2, 4. Про узел 3 ничего сказать нельзя.

Докажем теорему.

*Теорема 1.* Пусть подграфы  $G_1, G_2, \dots, G_q$  графа  $G$ , покрывают все его ребра. Каждый из них определяет множество максимальных пустых подграфов, соответственно  $G^*_1, G^*_2, \dots, G^*_q$ . Тогда  $G^*_1 \cup G^*_2 \cup \dots \cup G^*_q$  представляет собой множество пустых графов, которое включает все максимальные пустые подграфы графа  $G$ .

*Доказательство* проведем от противного. Допустим, имеется пустой подграф  $G'$ , не принадлежащий объединению  $G^*_1 \cup G^*_2 \cup \dots \cup G^*_q$  и имеющий непустые вершинные пересечения  $G'_1, G'_2, \dots, G'_m$  соответственно с графами  $G_{i1}, G_{i2}, \dots, G_{im}$  совокупности  $G_1, G_2, \dots, G_q$ . Не уменьшая общности, мож-

но считать, что  $G'_1, G'_2, \dots, G'_m$  суть максимальные пустые подграфы соответственно в  $G_{i1}, G_{i2}, \dots, G_{im}$ . Но тогда  $G' = G'_1 \cup G'_2 \cup \dots \cup G'_m$  принадлежит объединению  $G^*_1 \cup G^*_2 \cup \dots \cup G^*_q$ . Противоречие. Теорема доказана.

Таким образом, любая полная совокупность подграфов, покрывающая все ребра исходного графа, позволяет получить совокупность всех максимальных пустых подграфов. И для построения совокупности максимальных пустых графов, удовлетворяющих определенным условиям, необходимо выбирать наиболее рациональное покрытие графа подграфами  $G_1, G_2, \dots, G_q$ .

*2. Вывод на графах.* Используя операцию  $\times$  на множестве векторов, определим понятие вывода, основываясь на бинарном правиле вывода:  $v_1 \times v_2 \Rightarrow v$ . Всякий вывод вектора  $v$  из множества посылок  $\{v_1, v_2, \dots, v_q\}$  можно представлять в виде однокорневого, растущего вверх бинарного дерева  $T$ , корню которого приписан вектор  $v$ . В  $T$  выше располагаются посылки, ниже заключения соответствующих правил, и листьям приписаны посылки  $\{v_1, v_2, \dots, v_q\}$ .

Введем определение. Пусть  $\check{v}$  есть вектор, определяемый некоторым подграфом. Результат  $v^*$  замены в нем всех единичных компонентов на несущественные компоненты назовем *обобщением* вектора  $v$ . Очевидно отношение  $v < v^*$ .

Следующий шаг состоит в том, что по выводу  $T$  вектора  $v$  строится, так называемое *обобщенное дерево*  $T^*$  вектора  $v^*$ , получающееся из  $T$  заменой всех векторов на их обобщения.

Справедливо утверждение.

*Теорема 2.* Обобщенное дерево  $T^*$  является выводом вектора  $v^*$  из посылок, полученных обобщением всех посылок вывода  $T$ .

*Доказательство.* Рассмотрим правило вывода  $v_1 \times v_2 \Rightarrow v$ . Пусть  $v^*_1$  и  $v^*_2$  есть обобщения этих векторов. Покажем, что обобщение  $v^*$  вектора  $v$  получается в результате применения правила  $v^*_1 \times v^*_2 \Rightarrow v^*$ . Рассмотрим покомпонентные преобразования векторов, которые могут изменяться в результате применения операции  $\times$ . Операции, не содержащие 1, не меняются. Произведения  $0 \times 1$  и  $1 \times 0$  заменяются соответственно на  $0 \times \_ = 0$  и  $\_ \times 0 = 0$ . Во всех случаях результат равен 0. Операция  $1 \times 1$  заменяется на  $\_ \times \_$ , т.е. результатом является обобщение. Операции  $1 \times \_ = 1$  и  $\_ \times 1 = 1$  заменяются на  $\_ \times \_$ , что также является их обобщением. Таким образом, каждое правило вывода  $v_1 \times v_2 \Rightarrow v$  из  $T$ , превращается в правило вывода  $v^*_1 \times v^*_2 \Rightarrow v^*$ . И, следовательно, вывод  $T$  превращается в вывод  $T^*$  обобщения заключительного вектора вывода  $T$ . Теорема доказана.

3. Построение максимальных пустых подграфов. Введем такое определение. Два вектора  $v_1$  и  $v_2$  0-эквивалентны (обозначается  $v_1 =_0 v_2$ ), если совпадают их 0-компоненты.

Справедливы следующие утверждения:

**Теорема 3.** Пусть  $T$  есть вывод вектора  $v$ , и  $T^*$ -обобщенный вывод вектора  $v^*$ , полученный из  $T$ . Тогда выполняются отношения:  $v < v^*$  и  $v =_0 v^*$ .

**Теорема 4.** Пусть имеется совокупность  $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  векторов таких, что их обобщения совпадают и равны  $v^*$ . Тогда они принадлежат одному классу эквивалентности  $=_0$ . Справедливо и обратное: если  $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  есть множество попарно  $=_0$ -эквивалентных векторов, то их обобщения совпадают.

Переход к обобщающему вектору позволяет получить более экономные выводы. Справедливо утверждение 1.

**Теорема 5.** Пусть  $T^*$  есть обобщенный вывод вектора  $v^*$ , и  $v_1$  – его посылка. Тогда замена посылки  $v_1$  на вектор  $v_2$ , такой что  $v_1 < v_2$  приводит к обобщенному выводу  $T_1^*$  вектора  $v_1^*$  такого, что выполняются отношения:  $v^* < v_1^*$  и  $v^* =_0 v_1^*$ .

Таким образом, если в выводе вектора  $v^*$  любой его вектор  $v$  и предшествующий ему вывод заменить на вывод поглощающего его вектора  $v'$ , то заключением вывода будет вектор  $v^*$ , поглощающий первоначальный  $v^*$ .

**Пример 6.** Рассмотрим граф  $K_3$ , узлы которого перенумерованы 1, 2, 3. Ребро (1, 2) определяет следующие пустые графы: (0, 1,  $\_$ ), (1, 0,  $\_$ ), (0, 0,  $\_$ ); ребро (2, 3) – пустые графы: ( $\_$ , 0, 1), ( $\_$ , 1, 0), (0, 0, 0); ребро 1,3 – пустые графы: (0,  $\_$ , 1), (1,  $\_$ , 0), (0,  $\_$ , 0). Если перейти к обобщающим векторам и отбросить поглощаемые, то получим векторы:  $\{(0, \_, \_), (\_, 0, \_)\}$ ,  $\{(\_, 0, \_), (\_, \_, 0)\}$ ,  $\{(0, \_, \_), (\_, \_, 0)\}$ . В результате из этого множества векторов выводятся следующие векторы: ( $\_$ , 0, 0), (0,  $\_$ , 0), (0, 0,  $\_$ ). Выводится еще вектор (0, 0, 0), но он поглощается каждым из первых трех.

**Пример 7.** Полный двудольный граф (1; 3) определяет в точности два попарно несравнимых вектора ( $\_$ , 0, 0, 0) и (0,  $\_$ ,  $\_$ ,  $\_$ ).

Введем такие определения.

Пусть все пустые подграфы графа  $G$  определяют совокупность  $V$  попарно не сравнимых обобщенных векторов. Тогда  $V$  называется базисом графа  $G$ . Пусть  $G_1, G_2, \dots, G_m$  совокупность подграфов графа  $G$  и  $V_1, V_2, \dots, V_m$  суть базисы этих подграфов. Тогда максимальная совокупность всех обобщенных попарно не сравнимых векторов в множестве  $V_1 \times V_2 \times \dots \times V_m$  называется базисом совокупности  $G_1, G_2, \dots, G_m$ . Если  $G_1, G_2, \dots, G_m$  покрывает все ребра графа  $G$ , то он называется базисом графа  $G$ .

**Пример 8.** Для полного двудольного графа  $(n; m)$ , базис состоит из двух векторов: в первом вначале расположены  $m$  нулевых компонент, за которыми следуют  $n$  компонент  $\_$ , у второго наоборот – вначале  $m$  компонент  $\_$ , а затем  $n$  нулевых.

Справедлива теорема.

**Теорема 6.** Базис графа не зависит от выбора подграфов, покрывающих все его ребра.

Это утверждение представляет собой основу процедуры построения совокупности всех максимальных пустых подграфов по заданному графу, что имеет существенное значение при решении различных задач [4, 5]. Вкратце процедура получения пустых подграфов выглядит так. Пусть по заданному графу необходимо построить все его пустые подграфы, удовлетворяющие определенному условию. Таким условием может быть, например, нижняя граница числа узлов каждого пустого подграфа.

1. На вход поступает матрица смежности графа ортогональности. Каждая ее строка определяет вектор, которому сопоставляется пара обобщенных векторов, описывающих его пустые подграфы.

2. В цикле, до получения неподвижной точки, строим попарные произведения этих векторов, попутно выбрасывая поглощаемые столбцы. При этом используется стратегия, минимизирующая число промежуточных подграфов, делая перебор управляемым содержательными особенностями предметной области.

3. На каждом шаге построения проверяются заданные условия, которым должны удовлетворять искомые пустые подграфы. Тем самым, поиск ведется только среди подграфов, которые удовлетворяют заданным условиям.

### Заключение

Приведено теоретическое обоснование процедуры построения базиса графа, определяемого максимальными пустыми подграфами. Процедура реализована на языке C++ и работает на персональных компьютерах при решении практически значимых задач. Она использует различные стратегии поиска, что позволяет снизить перебор до приемлемого.

### Список литературы

1. Хопкрофт Д., Мотвани Р., Ульман Д. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений. М.: Вильямс, 2012. 528 с.
2. Füredi Zoltán. The number of maximal independent sets in connected graphs. Journal of Graph Theory. 2014. Vol. 19, no. 4. P. 463–470.
3. Попов С.В., Синтез предметных областей. Решение одного класса переборных задач. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2017. 96 с.
4. Гашков С.Б. Графы-расширители и их применения в теории кодирования. М: МЦНМО, 2009. С. 70–122
5. Зыков А.А. Основы теории графов. М: Вузовская книга, 2012. 664 с.

УДК 004.9

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ WEB-ТЕХНОЛОГИЙ КАК СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ САЙТА ДЛЯ КОНКУРСА ПЕДАГОГИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ

**Кубова Р.М., Шамраева В.В.**

*ЧОУ ВО «Московский университет им. С.Ю. Витте», Москва, e-mail: rkubova@muiv.ru*

Одним из средств мониторинга результатов и оценки качества образовательного процесса является организация конкурсов среди образовательных учреждений. Проведение таких мероприятий не может обойтись без инструментального сопровождения, роль которого выполняет сайт. Предметом исследования в статье являются соревновательные интернет-проекты, которые призваны автоматизировать процесс мониторинга и оценки качества педагогической деятельности и становятся весьма эффективным средством управления образовательным процессом. Авторами разработан один из таких веб-сайтов, а именно веб-сайт для проведения ежегодного конкурса педагогических работников дополнительного образования «Сердце отдаю детям». Этот сайт позволяет в электронном виде собирать заявки на конкурс в комплекте со всей необходимой конкурсной документацией, структурировать ее в базу данных и значительно упрощает работу организаторов конкурса. В статье структурированы образовательные сайты в зависимости от их предназначения и проведён анализ веб-технологий и платформ для создания сайтов, выбрана наиболее удобная для этих целей платформа «1С-Битрикс: Enterprise». Использованные при этом веб-технологии позволяют продемонстрировать действие и специфику соревновательных интернет-проектов. Практическая значимость подобных проектов направлена на синхронизирование системы связей и отношений в сфере педагогических измерений, контроля и оценки качества образования.

**Ключевые слова:** образовательные веб-сайты, соревновательные интернет-проекты, мониторинг, информационные системы, системы управления контентом, платформа «1С-Bitrix: Enterprise», веб-сайт, оценка качества, веб-технологии

## THE USE OF WEB-TECHNOLOGIES AS A MEANS OF AUTOMATION OF MONITORING AND EVALUATION OF THE QUALITY OF TEACHING ACTIVITIES ON THE EXAMPLE OF DEVELOPING A WEBSITE FOR THE COMPETITION OF TEACHERS

**Kubova R.M., Shamraeva V.V.**

*Moscow Witte University, Moscow, e-mail: rkubova@muiv.ru*

One of the means of monitoring the results and assessing the quality of the educational process is the organization of competitions among educational institutions. Such events can not do without instrumental support, the role of which is performed by the site. The subject of the research in the article is competitive Internet projects, which are designed to automate the process of monitoring and assessing the quality of pedagogical activity, and become a very effective means of managing the educational process. The article is structured educational sites depending on their purpose, and through the development of a website for the competition of teachers considered the possibility of automating the monitoring and evaluation of the quality of teaching activities. The analysis of Web-technologies and platforms for creation of sites is carried out and the most convenient for these purposes platform «1С-Bitrix: Enterprise» is chosen. Used Web-based technology demonstrate the validity and specificity of the competitive online projects. The practical significance of such projects is aimed at synchronizing the system of relations in the field of pedagogical measurement, control and evaluation of the quality of education.

**Keywords:** educational websites, competition the internet-projects, monitoring and quality assessment, information system, content management system, platform «1С-Bitrix: Enterprise», Web-site, quality assessment, Web-technology

Управление качеством образования непосредственно связано с управлением педагогическим процессом. Объектами контроля качества являются:

1. Обучающиеся, их результаты и социализация.
2. Образовательное учреждение, его миссия, цель, условия организации образовательного процесса.
3. Педагогические кадры, их компетентность.

Образовательные результаты педагогических кадров, как правило, требуют неко-

торого мониторинга и экспертной оценки. Для этого требуется разработать набор инструментов и методологию оценки, а также средства для автоматизации указанных процессов. Это позволит обеспечить проверку выполнений заданий на их компетентность и объективность результатов оценивания. Результаты мониторинга необходимо периодически обновлять и сравнивать с предыдущими результатами для прогнозирования развития системы мониторинга в целом. Как правило, основой всех информационных систем мониторинга качества является

компьютерное тестирование и автоматизированная обработка его результатов [1]. Ещё одним инструментом мониторинга результатов и качества образовательного процесса служит организация и проведение различных конкурсов. Соревновательные интернет-проекты помогают автоматизировать процесс мониторинга и оценки качества педагогической деятельности. В данной статье проводится анализ видов образовательных сайтов, веб-технологий и на примере разработки веб-сайта для организации конкурса педагогических работников показан действующий механизм автоматизации мониторинга компетентности педагогических кадров.

Авторами статьи, с привлечением сотрудника ГБОУ ВО МО «Академия социального управления» К.В. Горюнова, разработан веб-сайт для организации конкурсов педагогических работников «Сердце отдаю детям» (договор № 1613 от 15.06.2017 между ГБОУ ДО Московской области «Областной центр развития дополнительного образования и патриотического воспитания детей и молодёжи» (далее «Заказчик») и «Сайтинк») [2]. На примере разработки этого сайта рассмотрена возможность отслеживания эффективности повышения квалификации (п.к.) педагогических кадров для последующего принятия оптимального решения. Цель исследования состоит в том, чтобы показать, что, имея базу данных этого и подобного ему сайтов, можно решить многие задачи мониторинга компетентности педагогических работников образования. А именно:

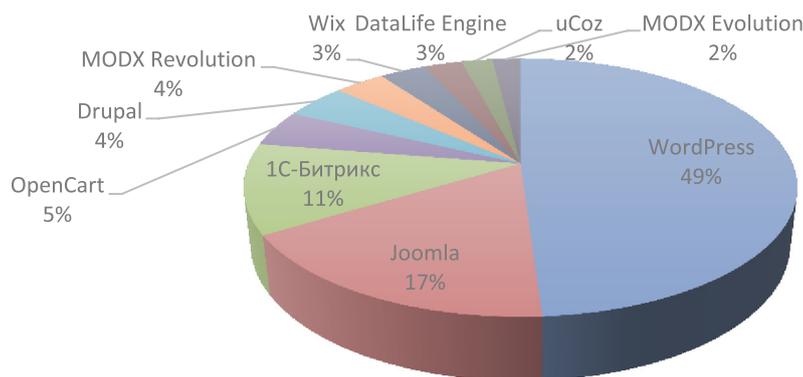
- 1) оперативного отслеживания состояния повышения квалификации (п.к.);
- 2) непрерывного наблюдения за состоянием процесса п.к.;
- 3) представления современных тенденций, происходящих в сфере п.к.;
- 4) оценки эффективности и полноты реализации образовательной технологии п.к.;
- 5) обеспечения информационной базы субъектов системы п.к.

Сопоставляя работу созданного сайта с функционированием похожих по назначению сайтов, видно, что этот сайт не нарушает сложившуюся систему связей и отношений, которые существуют в сфере педагогических измерений, контроля, оценки качества образования. Рассматривая мониторинг и оценку качества педагогической деятельности, как инструмент измерения и оценки, а также эффективного средства управления образовательным процессом, можно быть уверенным, что качество всего образования повысится, что весьма актуально в современном обществе.

## Материалы и методы исследования

Проанализируем виды образовательных сайтов, веб-технологий и выберем платформу для создания сайта. В Федеральном законе № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (с изм. от 29.07.2017 г.) [3] сказано: «Образование – единый целенаправленный процесс воспитания и обучения, являющийся общественно значимым благом и осуществляемый в интересах человека, семьи, общества и государства, а также совокупность приобретаемых знаний, умений, навыков, ценностных установок, опыта деятельности и компетенции определенных объема и сложности в целях интеллектуального, духовно-нравственного, творческого, физического и (или) профессионального развития человека, удовлетворения его образовательных потребностей и интересов». Поэтому на образовательном сайте должны быть отражены одновременно, как и элементы, присущие веб-сайтам (несколько объединенных по смыслу и типично оформленных веб-страниц, которые физически находятся на одном сервере), так и элементы образовательного процесса, в частности они должны содержать формы для аттестации обучающихся или констатацию достижения образовательных уровней [4]. Следует отметить, что образовательные веб-сайты относятся к группе распределенных ресурсов. Их количество постоянно увеличивается. Это уменьшает эффективность поиска и использования интернет-ресурсов и приводит к необходимости типологизации таких сайтов [5, 6]. Выделим основные виды образовательных сайтов [7]:

1. Веб-сайты учебных заведений.
2. Веб-сайты дистанционного образования.
3. Веб-сайты, распространяющие образовательную информацию: виртуальные библиотеки; журналы и газеты образовательной тематики; виртуальные музеи.
4. Веб-сайты для проведения научных исследований.
5. Веб-сайты информационно-справочного характера.
6. Веб-сайты соревновательных интернет-проектов.
7. Веб-сайты учебно-методических объединений, а именно сайты методического объединения учителей по школьным предметам; тематических телеконференций и вебинаров по вопросам образования; творческого взаимодействия учителей, преподавателей в сети; повышения квалификации педагогических кадров.
8. Образовательные сообщества в социальных сетях.



Рейтинг CMS (систем управления контентом сайта)

9. Образовательные веб-сервисы, позволяющие в режиме реального времени создавать и хранить образовательные продукты (например, презентации, вебинары, видеолекции).

Научно-педагогические работники могут воспользоваться для своей профессиональной самореализации любыми предложенными возможностями из представленных выше видов веб-сайтов. Тенденции развития современного общества требуют от педагогических кадров постоянно повышать свою квалификацию, быстро и эффективно реагировать на внешние перемены и новые вызовы. Авторы статьи предлагают более подробно рассмотреть использование веб-технологий соревновательных интернет-проектов как средства автоматизации мониторинга и оценки качества педагогической деятельности на примере разработки сайта для конкурса педагогических работников.

Современные веб-технологии позволяют даже обычному пользователю, не имеющему специальных знаний в области программирования и гипертекстовой разметки, создавать настоящие шедевры веб-сайтов. Для быстрой модификации новостей сайта и управления его содержимым разработано множество информационных систем или компьютерных программ, которые принято называть системами управления контентом (англ. Content management system, CMS). Наиболее часто используемыми платформами являются WordPress, Joomla и 1С-Битрикс, которые суммарно составляют более двух третей процентов рейтинга CMS (рисунок).

«1С-Битрикс» – это коммерческая CMS от отечественных разработчиков, которая по праву получила широкое распространение в электронной коммерции. Система направлена на создание масштабных про-

ектов с большой посещаемостью и высокой нагрузкой: популярных интернет-магазинов, порталов информационных агентств, сайтов крупных компаний и государственных учреждений. веб-проекты, разработанные на базе «1С-Битрикс: Enterprise» обладают высокими требованиями по отказоустойчивости и надежности. Платформа «1С-Битрикс» обладает наиболее удобной панелью администратора, большим количеством модулей, встроенной мобильной версткой и максимальным уровнем защиты от взлома. Другие платформы обладают также рядом достоинств и преимуществ при разработке сайтов. Однако выбрана именно «1С-Битрикс: Enterprise», так как для государственного учреждения безопасность персональных данных является важнейшим фактором, а участники конкурсов загружают персональные данные на сайт. Эта платформа разработана для крупных проектов федерального уровня. Enterprise используют такие гиганты интернет-коммерции, как Евросеть, Связной, Kari, Дочки-Сыночки и т.д. Важным моментом также является и то, что в «1С-Битрикс» имеется встроенное хранилище данных. Это означает, что нет необходимости создавать локальное хранилище. Компания «1С-Битрикс» предоставляет свой хостинг, тем самым упраздняя процедуру поиска хостеров и отправки им back-up сайта. В CMS «из коробки» включены все необходимые модули для управления сайтом. Количество модулей зависит от редакции продукта, которых всего представлено шесть: от минимального набора в «Первом сайте» до максимальной функциональности в редакции «Бизнес». Среди других достоинств «1С-Битрикс» выделяются:

1) интеграция с «1С: Предприятие», позволяющая снизить нагрузку на сайт;

- 2) высокий уровень безопасности;
- 3) изначальная адаптация сайта к экранам мобильных устройств.

Доля зараженных веб-ресурсов (работающих на «1С-Битрикс»), согласно результатам комплексного исследования безопасности сайтов, разработанных на различных CMS, не превышает 4%. Другие коммерческие CMS показали сопоставимые результаты. Отметим, что доля зараженных сайтов на таких CMS доходит до 30%. В настоящее время «1С-Битрикс» предлагает клиентам больше инструментов обеспечения безопасности. В частности, совместно с компанией Qrator запущена технология защиты от DDoS-атак. Однако все дополнительные инструменты требуют отдельной платы, поэтому владельцы сайтов часто их игнорируют.

Недостатки также имеются: требовательность к ресурсам, сложность в освоении для контент-менеджера. Помимо этого, самостоятельная поддержка сайта, созданного на этой CMS, невозможна без знаний программирования, поэтому при работе с «1С-Битрикс» приходится прибегать к помощи специалистов. Интеграция с другими продуктами 1С требует некоторых доработок и реализуется далеко не так просто, как сказано в рекламных материалах. Высокая функциональность оборачивается еще одним недостатком – избыточным кодом, который тормозит загрузку сайта. Правильное размещение товаров и описаний на «1С-Битрикс» требует от пользователей небольшой подготовки. Поэтому контент-менеджерам, которые будут заполнять сайт, обычно приходится проходить краткий онлайн-курс по управлению сайтом. Но если разобраться в работе системы, то все действия оказываются логичными и удобными.

Для разработки веб-сайта для проведения конкурсов педагогических работников авторами была выбрана платформа «1С-Битрикс: Enterprise». Работа этого сайта демонстрирует возможности автоматизации мониторинга и оценки качества педагогической деятельности и является удобной электронной площадкой как для организаторов, так и для участников конкурса. Посредством веб-сайта участники конкурса имеют возможность загружать все необходимые материалы в удобном электронном виде, а организаторы получают к ним постоянный доступ в виде структурированной базы данных. Далее, на примере разработки веб-сайта для организации конкурсов педагогических работников «Сердце отдаю детям» будут рассмотрены основные моменты использования платформы «1С-Битрикс: Enterprise».

#### *Модули, используемые при создании сайта «Сердце отдаю детям»*

Основным назначением веб-сайта для проведения конкурсов является автоматизация информационно-аналитической деятельности в проведении конкурса Заказчика. В рамках рассматриваемого далее проекта автоматизируется информационно-аналитическая деятельность по следующим этапам:

1. Сбор документации участников заочного этапа конкурса.
2. Аналитическая работа, выявление кандидатов очного этапа конкурса.
3. Размещение новостной информации для участников конкурса.
4. Размещение фото- и видеоматериалов.

При этом следует обеспечить сбор и первичную обработку исходной информации, необходимой для подготовки отчетности участникам конкурса. Данный конкурс проводится Министерством образования Московской области совместно с Областным центром дополнительного образования и патриотического воспитания детей и молодежи (ГБОУ ДО МО ОЦР ДОПВ). Областной центр развития дополнительного образования и патриотического воспитания детей и молодежи – государственное образовательное учреждение дополнительного образования. Заметим, что сайты для подобных государственных организаций, проводящих конкурсы, попадают под определенные нормативы российского законодательства. Они существенно отличаются от коммерческих ресурсов дизайном, представленным контентом, техническими параметрами и использованием. Основным отличием является четкое определение доменного имени. Если корпоративный сайт может себе позволить называться практически как угодно, то государственным учреждениям такая вольность недоступна. Доменное имя подбирается в соответствии с официальным наименованием и оформляется на государственный орган. Обычно используются аббревиатуры. В нашем случае, при регистрации доменного имени сайта для проведения областного конкурса педагогов дополнительного образования «Сердце отдаю детям» (далее «Сайта») использовалось следующее доменное имя <http://www.mosoblserdtseotdayudetyam.ru>. При разработке дизайна веб-сайта были исключены флеш-ролики, яркие картинки и баннеры. Стиль всех страниц сайта выдержанный и лаконичный, но «дружелюбный», привлекательный для пользователей. На сайте отражаются общие сведения о конкурсе: положение, инструкция по регистрации на

сайте, сведения об организаторах конкурса, миссия, цели конкурса и т.п. Основным назначением сайта является автоматизация информационно-аналитической деятельности в проведении конкурса Заказчика. Приоритетной задачей являлось сделать доступ к персональным данным участников конкурса только для модератора сайта. У рядового пользователя сайта не должны отображаться персональные данные участников конкурса. Также была сделана закрытая система изменения информации пользователя, т.е. только модератор может менять информацию об участнике конкурса после согласования с руководством Заказчика. При разработке сайта для организации конкурсов были использованы следующие модули:

– Главный модуль (Ядро продукта с технологией «SiteUpdate») – возможность без дополнительных расходов скачивать обновления и новые модули с сайта компании «1С-Битрикс» через веб-интерфейс административного раздела. При этом потеря данных исключена, поскольку обновления не затрагивают публичную часть сайта. Обновления и новые модули компрессируются и загружаются на сайт владельца.

– Highload-блоки (highloadblock) – быстрые справочники, без поддержки иерархии, с ограниченной поддержкой свойств. Они могут обращаться к базе данных, в том числе и через HandlerSocket и работать с большими объемами данных. Highload-блоки хранят элементы в своих таблицах и используют свои индексы.

– Информационные блоки (iblock), обеспечивающие мощный и в то же время гибкий механизм для хранения и выборки информации различными способами.

– Модуль компрессия (compression), служащий для ускорения вывода содержания сайта путём сжатия страниц. Если в строке браузера добавить параметр compress=Y, то можно оценить эффективность этого модуля.

– Облако 1С-Битрикс (bitrixcloud), позволяющее подключать к сайту любые «облака» и управлять ими.

– Социальные сервисы (socialservices) предоставляют аутентификацию посетителей сайта на внешних сервисах авторизации. Внешняя авторизация облегчает посетителям регистрацию на сайте: не нужно заводить еще один логин/пароль, можно воспользоваться уже имеющимся на одном из известных сервисов.

– Модуль для управления структурой (fileman), служащий для управления информационным наполнением и структурой сайта, меню и правами доступа.

## Результаты исследования и их обсуждение

Разработка веб-сайта «Сердце отдаю детям» состояла из пяти этапов.

*Первым этапом* являлось исследование целевой аудитории и выявление ключевых персонажей, а также их целей и задач. На основании полученных данных были определены и расставлены функции разрабатываемой системы в порядке их приоритета. Результат данного этапа – перечень функциональных возможностей продукта.

*Второй этап* – это проектирование веб-сайта. На данном этапе разработчики определили структуру баз данных и создали прототипы страниц, наглядно отражающих информацию и элементы управления будущего продукта. Это позволило увидеть, как будет работать веб-сайт до начала этапа его программирования. Результат на данном этапе – интерактивный прототип разрабатываемого веб-сайта.

*Третий этап* – определение дизайна веб-сайта. На основании созданных прототипов страниц была разработана концепция сайта, согласно которой происходило определение дизайна веб-сайта. Были выбраны и утверждены цветовые решения, стили кнопок, ссылок, текстов и т.д. На данном этапе Заказчик получил полное представление о том, каким будет веб-сайт в финале. Результат данного этапа – визуально оформленные макеты веб-сайта.

*Четвёртый этап* – непосредственно программирование. На этом этапе был прописан качественный и грамотно структурированный код в обозначенные сроки, который обеспечивал безотказную и быструю работу веб-сервиса. Результат – программный код будущего продукта.

И, наконец, завершающим *пятым этапом* выступила поддержка веб-сайта. Такая поддержка осуществляется непрерывно посредством мониторинга созданного веб-сайта для своевременного реагирования на возможные инциденты и обеспечения его бесперебойной работы круглые сутки. Результат – сервис, готовый справляться с большими нагрузками.

В конечном итоге Заказчик получил полностью приспособленный к работе с Областным конкурсом педагогов дополнительного образования «Сердце отдаю детям» веб-сайт, состоящий из шести пунктов меню на главной странице.

Остановимся коротко на функционально значимых разделах сайта, которые визуально будут представлены пользователям.

На странице «**Главная**» располагается слайдер с фотографиями прошлогоднего

конкурса и новостная лента, которая содержит новости о проведении конкурса. Страница «**Личный кабинет**» запросит у пользователя: <Логин> и <Пароль> и предложит <Войти>. После входа необходимо выбрать <Муниципальное образование Московской области (выбрать из списка: ...)» и <Участвовать>. Личный кабинет участника содержит модуль для чтения документов без скачивания и есть возможность отображения видео с сайта «YouTube».

Раздел «**Документы**» содержит основные документы, регламентирующие проведение конкурса и правовую информацию о нем (положения, инструкции и т.д.). На этой странице пользователи найдут прикрепленные файлы <Положение об областном конкурсе педагогов дополнительного образования «Сердце отдаю детям»> и <Инструкция по регистрации участника конкурса>.

Раздел «**Номинации**» содержит информацию об участниках конкурса по каждой отдельной номинации. Для данного конкурса номинации предполагаются такие: Техническая, Художественная, Естественнонаучная, Туристско-краеведческая, Физкультурно-спортивная, Социально-педагогическая, Дебют. В таблице указаны ФИО участника, названия номинации, муниципальное образование Московской области и есть возможность сортировать участников по номинациям.

На странице «**Результаты**» размещены прикрепленные файлы <Итоги заочного этапа областного конкурса педагогов дополнительного образования «Сердце отдаю детям»> и <Итоги очного этапа областного конкурса педагогов дополнительного образования «Сердце отдаю детям»>.

Раздел «**Медиагалерея**» содержит фотографии всех участников конкурса, а также видеоконтент. Здесь размещены также: <Презентация «Мое педагогическое credo»>, <Открытые занятия>, <Импровизированный конкурс>, <Финал>.

На странице «**Контакты**» расположена информация о контактах (электронный адрес и рабочий телефон) с возможностью задавать вопросы по проведению областного конкурса педагогов дополнительного образования «Сердце отдаю детям».

При регистрации помечены обязательные для заполнения поля и всплывающие подсказки с пояснениями о заполнении поля. Анкета при регистрации предполагает заполнение личной информации об участнике конкурса, данные для регистрации в личном кабинете конкурса, сведения о педагогической деятельности участника, контактные данные и т.д. Также к анкете

участнику необходимо прикрепить материалы для конкурса, основание для участия и согласие на обработку персональных данных. После заполнения и отправки анкеты участник может увидеть свою личную карточку участника. Защита персональных данных пользователя с помощью функции **IsAdmin** [8, 9]. Проверяет принадлежность текущего авторизованного пользователя группе администраторов (как правило, вызывается с объекта **\$USER**). Возвращает «**true**» – если пользователь принадлежит группе администраторов, в противном случае вернет «**false**». Следуя требованиям по сохранности информации, ежедневно в конце рабочего дня делается полный «**Backup**» сайта со всей информацией.

По части *внешнего оформления* к сайту [9] были выполнены такие ключевые моменты:

- 1) обеспечено наличие локализованного (русскоязычного) интерфейса пользователя;
- 2) в шапке сайта использован логотип Заказчика;
- 3) удобное оформление сайта;
- 4) доступная и понятная пользователю система регистрации;
- 5) размещен список с итогами по исходу каждого конкурсного дня и после окончания размещения работ победителей было предоставлена возможность просмотра без скачивания.

### Заключение

Цель мониторинга и оценки качества педагогической деятельности – это обеспечение эффективного информационного отражения состояния образования в образовательном учреждении, аналитическое обобщение результатов деятельности, разработка прогноза ее обеспечения и развития, оказание помощи педагогическим кадрам по повышению профессионального мастерства. Качество профессиональной деятельности определяется из деятельности в предметной области и воспитательной деятельности. На примере разработки веб-сайта для проведения ежегодного конкурса педагогических работников дополнительного образования «Сердце отдаю детям» был автоматизирован процесс действий по оценке действий педагогических работников и мониторинг их педагогических результатов. Этот сайт позволяет в электронном виде собирать заявки на конкурс в комплексе со всей необходимой конкурсной документацией, структурировать ее в базу данных и значительно упрощает работу организаторов конкурса. Так же посредством сайта проводится первый заочный этап конкурса – экспертиза образовательных про-

грамм, представляемых участниками конкурса в экспертную комиссию. Основное достоинство данного веб-сайта в том, что он позволяет существенно сэкономить затраты ресурсов организаторов на проведение конкурса и облегчить хранение информации об участниках и победителях конкурса. Таким образом, следует повышать практику создания различных сайтов для мониторинга и оценки качества педагогической деятельности и использовать их для автоматизации учёта и сбора данных [10].

### Список литературы

1. Виштак О.В., Штырова И.А. Автоматизация мониторинга качества в системе дополнительного профессионального образования // Научное обозрение. Педагогические науки. 2017. № 5. С. 14–17.
2. Кубова Р.М., Шамраева В.В., Горюнов К.В. Разработка Web-сайта для организации конкурсов на платформе «1С-Битрикс: Enterprise» // Новые информационные технологии в образовании: сборник научных трудов 19-й международной научно-практической конференции / Под общ. ред. Д.В. Чистова. 2019. С. 59–62.
3. Федеральный закон № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (с изм. от 29.07.2017 г.) [Электронный ресурс]. URL: [http://www.ege.edu.ru/main/legal-documents/federal/?id\\_4=21634](http://www.ege.edu.ru/main/legal-documents/federal/?id_4=21634) (дата обращения: 17.02.2019).
4. Киселев А.В. Вопросы выбора индивидуального рейтингового критерия успешности адаптации студентов в вузе // Образовательные ресурсы и технологии. 2018. № 3 (24). С. 7–11.
5. Яшина Т.С., Могилев А.В. О понятии и структуре единого информационного образовательного пространства (ЕИОП) // Информатизация образования 2005: материалы Международной научно-практической конференции. Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2005. С. 330–338.
6. Яшина Т.С. Анализ мнений экспертов относительно требований, предъявляемых к образовательным интернет-сайтам // Информатика как педагогическая задача: материалы Второй региональной научно-методической конференции (г. Воронеж, 14–15 февраля 2002 г.). Воронеж: Изд-во ВГУ, 2002. 202 с. С. 164–169.
7. Грибан О.Н., Грибан И.В. Образовательные веб-сайты как средство профессиональной самореализации // Педагогическое образование в России. 2015. № 3. С. 41–47.
8. Байдачный С.С. Silverlight 4. Создание насыщенных Web-приложений. М.: Солон-Пресс, 2010. 288 с.
9. 3-D Graphics Overview [Электронный ресурс]. URL: [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/gg197424\(v=XNAGameStudio.35\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/gg197424(v=XNAGameStudio.35).aspx) (дата обращения: 17.02.2019).
10. Блощук А.А., Шамраева В.В. Разработка изолированных университетских информационных подсистем учёта и сбора данных // Актуальные проблемы современного общества и пути их решения в условиях перехода к цифровой экономике: материалы XIV Международной научной конференции: в 4-х ч. / Под ред. А.В. Семенова, Н.Г. Малышева, Ю.С. Руденко. 2018. С. 78–81.

УДК 621.9.02

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОТВЕРСТИЙ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ

<sup>1</sup>Шеров К.Т., <sup>2</sup>Сихимбаев М.Р., <sup>3</sup>Габдысалык Р., <sup>1</sup>Бузауова Т.М.,

<sup>1</sup>Карсакова Н.Ж., <sup>1</sup>Имашева К.И., <sup>1</sup>Сейсенбаев Д.С.

<sup>1</sup>Карагандинский государственный технический университет,  
Караганда, e-mail: shkt1965@mail.ru;

<sup>2</sup>Карагандинский экономический университет Казпотребсоюза,  
Караганда, e-mail: smurat@yandex.kz;

<sup>3</sup>Восточно-Казахстанский государственный технический университет,  
Усть-Каменогорск, e-mail: riza.gabdyssalyk@mail.ru

В данной статье приводятся результаты исследования конструкции и технологических возможностей существующих контрольно-измерительных средств и устройств для контроля отверстий больших диаметров крупногабаритных деталей. Анализ состояния вопроса метрологического обеспечения контроля отверстий больших диаметров крупногабаритных деталей в условиях машиностроительных производств Республики Казахстан (РК) показал, что существующие и применяемые контрольно-измерительные средства типа штангенциркули, нутромеры, калибр-пробки и др. не имеют технологической возможности контроля отверстий больших диаметров. А заказ дорогих контрольно-измерительных средств и устройств для этих целей не оправдывает расходы на приобретение. Сложившаяся ситуация в условиях современных машиностроительных производств РК диктует необходимость разработки контрольно-измерительных средств и устройств для контроля отверстий больших диаметров крупногабаритных деталей, которые обладают универсальностью, доступностью по стоимости, высокой точностью измерения. Кроме этого, разработанные контрольно-измерительные средства и устройства для контроля отверстий больших диаметров крупногабаритных деталей должны обеспечить: возможность измерения отклонений диаметров отверстий больших размеров; устойчивого положения контрольно-измерительных средств и устройств для контроля отверстий больших диаметров, высокую точность измерения.

**Ключевые слова:** крупногабаритная деталь, контроль отверстия, нутромер, отверстие большого диаметра, точность измерения

## INVESTIGATION OF TECHNOLOGICAL OPPORTUNITIES OF CONTROL MEASURING MEANS FOR THE CONTROL OF THE OPENINGS OF LARGE-SIZE DETAILS

<sup>1</sup>Sherov K.T., <sup>2</sup>Sikhimbaev M.R., <sup>3</sup>Gabdysalyk R., <sup>1</sup>Buzauova T.M.,

<sup>1</sup>Karsakova N.Zh., <sup>1</sup>Imasheva K.I., <sup>1</sup>Seysenbaev D.S.

<sup>1</sup>Karaganda State Technical University, Karaganda, e-mail: shkt1965@mail.ru;

<sup>2</sup>Karaganda Economic University of Kazpotrebsoyuz, Karaganda, e-mail: smurat@yandex.kz;

<sup>3</sup>East-Kazakhstan State Technical University, Ust-Kamenogorsk, e-mail: riza.gabdyssalyk@mail.ru

This article presents the results of a study of the design and technological capabilities of existing test equipment and devices for monitoring large-diameter holes of large-sized parts. Analysis of the state of the issue of metrological support of large-diameter holes for large-sized parts in the engineering industry of the Republic of Kazakhstan (RK) showed that the existing and used test equipment of calipers, calipers, gauge plugs, etc. do not have the technological ability to control large-diameter holes. And to order expensive measuring instruments and devices for these purposes does not justify the acquisition costs. The current situation in the conditions of modern machine-building industries of the Republic of Kazakhstan dictates the need to develop control measuring tools and devices for monitoring large-diameter holes of large-sized parts, which has versatility, affordability, high measurement accuracy. Besides, developed measuring instruments and devices for testing large-diameter holes of large-sized parts should provide: the ability to measure deviations of the diameters of large-sized holes; the stable position of measuring instruments and devices for monitoring holes of large diameters in the holes during the control; high measurement accuracy.

**Keywords:** large part, hole control, inside gauge, large diameter hole, measurement accuracy

Современное тяжелое машиностроение характеризуется значительным удельным весом мелкосерийных и единичных форм производства. Машины, производимые для металлургической, энергетической, горнодобывающей, химической отраслей промышленности, характеризуются большой

металлоемкостью и высокой трудоемкостью их изготовления.

Анализ состояния машиностроительных производств Республики Казахстан занимающихся изготовлением и ремонтом крупногабаритных деталей технологического оборудования вышеуказанных от-

раслей показал, что существует проблема связанная не только с механической обработкой, но и с контролем и измерением обработанных поверхностей. Особенно часто данная проблема возникает при обработке отверстий больших размеров и еще больше усугубляется, если данное отверстие является функционально связанным с другой поверхностью.

Отечественные машиностроительные предприятия, ввиду соответствия по характеру в основном единичному типу производства, не позволяют закупку дорогостоящих контрольно-измерительных средств и контрольно-измерительных машин, а также современных многоцелевых металлорежущих станков с ЧПУ, снабженных устройствами активного контроля.

В настоящее время в РК изготовлением и ремонтом крупногабаритных деталей (крупные задвижки, улиты, мельницы и др.) занимаются в основном заводы тяжелого машиностроения, такие как Алматинский завод тяжелого машиностроения, Павлодарский завод тяжелого машиностроения, а также крупные машиностроительные заводы, имеющие соответствующее технологическое оборудование.

На рисунке показаны некоторые крупногабаритные детали с отверстиями больших диаметров.

Проведенные исследования [1] показали, что одной из основных проблем возникающих при изготовлении крупногабаритных деталей это обеспечение точности контроля и измерения отверстий больших диаметров.

Существующими контрольно-измерительными средствами, широко применяемыми в условиях машиностроительных заводов РК, такими как штангенциркули, нутромеры, калибр-пробки и др., нельзя контролировать отверстия больших диаметров. А заказ дорогих контрольно-измерительных средств для этих целей не оправдывает расходы на приобретение и является невыгодным для условий машиностроительных заводов РК.

Используемые контрольно-измерительные средства типа штангенинструментов, нутромеров (индикаторные, самоцентрирующийся, микрометрические), калибры-пробки и др. имеют следующие недостатки: невозможность контроля отверстий больших диаметров; неустойчивое положение внутри контролируемого отверстия при измерениях; невозможность определения численных значений размера контролируемого отверстия; недостаточная точность измерения; отсутствие возможности настройки на измерение разных точных диаметров. В связи с этим исследование состояния метрологической обеспеченности

контроля и измерения отверстий больших диаметров, а также разработка доступных контрольно-измерительных средств с более высокой точностью измерения является актуальной задачей. Для решения данной задачи были исследованы конструкции и технологические возможности существующих контрольно-измерительных средств.

*Исследование конструкции  
и технологических возможностей  
существующих  
контрольно-измерительных средств*

Известны измерительные средства для контроля диаметров отверстий: штангенинструменты, содержащее губки для внутренних измерений, подвижную рамку, штангу, нониус, линейку [2]. Недостатком штангенинструмента является низкая точность измерений, а штангенинструменты для контроля отверстий больших размеров не выпускаются.

Известны контрольные средства калибры-пробки, содержащие цилиндрические поверхности имеющие размеры равные наименьшему и наибольшему предельному размеру измеряемого отверстия [3]. Недостатком калибра-пробки является невозможность определения численных значений размера контролируемого отверстия, а кроме того калибры больших диаметров не изготавливаются.

Известно устройство для измерения диаметра отверстий, содержащее корпус, установленные в корпусе измеритель, измерительный штифт, жесткий упор и передаточный элемент между измерительным штифтом и измерителем [4]. Недостатком данного устройства является узость технологических возможностей, и измерение диаметров отверстий больших размеров невозможно.

Известен нутромер, содержащий полный корпус, закрепленный на корпусе индикатор с измерительным наконечником, толкатель [5]. Недостатком известного нутромера является отсутствие возможности настройки на измерение разных точных диаметров, что требует изготовления или покупки набора дорогостоящих колец под разные измеряемые диаметры. Известен индикаторный нутромер, содержащий корпус, сменную вставку, шток с конусной иглой, измерительные элементы, установленные в отверстиях сменные вставки и выполненные в виде штифтов, сменная вставка выполнена с размерами проходного калибра по диаметру [6]. Недостатком данного индикаторного нутромера является сложность конструкции и узость технологических возможностей, так как измерение и контроль отверстий больших диаметров невозможны.



а)



б)



в)



г)



д)



е)

*Некоторые крупногабаритные детали с отверстиями больших диаметров:  
а – звездочка; б – заготовки для детали стакан; в – гильза гидроцилиндра;  
г – улитка; д – полукорпус крупногабаритной шиберной задвижки; е – станина*

Известен нутромер самоцентрирующийся, содержащий корпус, индикатор, несущие рычаги, индикаторную головку, измерительный наконечник [7]. Недостатком данного нутромера является сложность в эксплуатации, недостаточная точность измерения и узость технологических возможностей, так как измерение и контроль отверстий больших диаметров невозможны.

Известен нутромер для измерения отверстий, содержащий корпус, установленные в корпусе измеритель, два измери-

тельных штифта, передаточный механизм между измерительными штифтами и измерителем и элемент предварительного центрирования нутромера в отверстии [8]. Недостатком данного нутромера является повышенная сложность конструкции измерительного звена ввиду наличия двух измерительных наконечников, что снижает точность измерения.

Известен нутромер для контроля отверстий небольших диаметров, содержащий индикатор часового типа [2].

Недостатком нутромера является невозможность контроля отверстий больших диаметров и её неустойчивое положение внутри контролируемого отверстия.

Известно устройство нутромера [9]: полый корпус, три измерительные опоры, устройство для отсчета. В качестве недостатков данного устройства нутромера можно отметить узость технологических возможностей, т.е. данное устройство не может выполнять контроль глубоких канавок, так как конструктивное исполнение контактных элементов не позволяет, и для осуществления измерения необходимо дополнительно использовать настроечного кольца, что удорожает его применение.

Известно устройство для измерения диаметра отверстия [10]. Устройство состоит из отсчетного устройства и нутромера. Отсчетное устройство имеет специальные шкалы для определения действительного размера отверстия. Корпус нутромера на одном конце имеет перпендикулярно расположенные три отверстия, а на другом конце расположены элементы для крепления отсчетного устройства. В этих отверстиях корпуса нутромера размещаются шарикообразные опоры, а также в корпусе устанавливается цилиндрикоконический стержень, который совершает ограниченное возвратно-поступательное движение. Конусный конец стержня должен взаимодействовать с измерительной опорой, а другой конец – с измерительным наконечником отсчетного устройства нутромера. А также корпус с наружной поверхности имеет сменный нутромер для центрирования, а в измеряемом отверстии установлена втулка, через которую проходят измерительные опоры и муфта подвижная.

Недостатки устройства нутромера заключаются в нетехнологичности конструкции, который приведет к трудоемкости изготовления его элементов, а также для измерения других отверстий необходимо выполнить наладку и заменить центрирующую втулку.

Известен самоцентрирующийся и самовыравнивающийся нутромер TESA IMICRO с контактом измерительных опор с поверхностью измеряемого отверстия по трем направлениям [11]. Нутромер имеет полый корпус который содержит на одном конце закрепленное отсчетное устройство, а на другом конце измерительную головку. Отсчетное устройство может иметь микрометрические или электронные шкалы с цифровой индикацией. Измерительная головка располагается через каждые  $120^\circ$  и содержит три подпружиненные измерительные опоры, установленные относительно оси корпуса.

При работе нутромера контроль осуществляется перемещением измерительной опоры в плоскости расположенной перпендикулярно относительно оси вращения корпуса, а её поверхность, соприкасаясь с измеряемой поверхностью отверстия, располагается параллельно.

Недостатком нутромера является узость технологических возможностей, так как он предназначен только для контроля размеров отверстия цилиндрической формы, измерение и контроль других отверстий (например конической, сложнопрофильной формы и др.) невозможно.

Другим недостатком данного нутромера можно назвать сложность конструкции и трудоемкость изготовления.

Известен нутромер для измерения отверстий, который содержит корпус, подвижные и неподвижные наконечники, индикатор [12]. Недостатком является узость технологических возможностей, так как данный нутромер предназначен только для измерения размеров отверстий расположенных в легкодоступных, открытых поверхностях.

Известен также индикаторный нутромер [13], который содержит корпус, индикатор, головку измерительную, подвижные наконечники, плунжер. Недостатком рассматриваемого индикаторного нутромера также является узость технологических возможностей. Он не может осуществить измерение в труднодоступных отверстиях.

Известен нутромер индикаторного типа для измерения диаметров растачиваемых отверстий [14], который содержит корпус, снабженный индикатором, который закреплен в стойку, измерительную головку, которая передает отклонение размера с помощью стержня и рычага на индикатор.

Нутромер индикаторного типа предназначен только для измерения отверстий после операции растачивания, что является основным его недостатком. А также другие отклонения, такие как конусообразность, овальность, данным нутромером невозможно измерить.

Известно устройство для измерения диаметров и линейных величин [15], который состоит из корпуса, включающего тяговый механизм со штангой и пружиной. Тяговый механизм через штанги с пружиной связан с индикатором. Он также имеет мерительные и контактирующие элементы в виде наконечника.

Недостатком данного устройства является низкая точность измерения и нетехнологичность конструкции, что приводит к повышению трудоемкости изготовления.

Результаты проведенных исследований показывают необходимость решения следующих задач:

– обеспечение возможности измерения отклонений диаметров отверстий больших размеров;

– обеспечение устойчивого положения нутромера для контроля отверстий больших диаметров в отверстиях при осуществлении контроля;

– обеспечение точности измерений с разрешающей способностью, соответствующей разрешающей способности применяемого индикатора часового типа.

Для решения вышеуказанных задач на кафедре «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация» Карагандинского государственного технического университета выполняется научная работа, направленная на разработку и изготовление контрольно-измерительных средств и устройств для контроля отверстий больших диаметров крупногабаритных деталей. В результате выполненных исследований авторами разработана конструкция нутромера для контроля и измерения отверстий больших размеров крупногабаритных деталей, а также специальное устройство для контроля торцевого биения корпусных деталей относительно оси отверстия.

Выполняется научная работа по разработке специальных конструкций контрольно-измерительных средств для контроля угловых и линейных размеров функционально связанных поверхностей крупногабаритных деталей.

### Выводы

1. В результате исследования конструкции и технологических возможностей существующих контрольно-измерительных средств для контроля отверстий больших диаметров были выявлено, что большинство их не нашло широкого применения, в частности, в условиях машиностроительных производств РК из-за невысокой точности, сложности изготовления и использования, высокой стоимости.

2. Сложившаяся ситуация в условиях современных машиностроительных производств РК диктует необходимость разра-

ботки контрольно-измерительных средств и устройств для контроля отверстий больших диаметров крупногабаритных деталей, которые обладают универсальностью, доступностью по стоимости, высокой точностью измерения.

### Список литературы

1. Шеров К.Т., Габдысальк Р., Доненбаев Б.С., Карсакова Н.Ж. Проблемы контроля отверстий больших диаметров при обработке крупногабаритных деталей // Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации: труды международной научно-практической конференции (Сагиновские чтения № 10), Ч. 3. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2018. С. 285–287.

2. Политехнический словарь / Гл. ред. акад. А.Ю. Ишлинский. 2-е изд. М.: Советская энциклопедия, 2009. – 656с.

3. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: учебник для вузов. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2009. 352 с.

4. Справочник по производственному контролю в машиностроении / Под ред. А.А. Кутая. Л.: «Машиностроение», 2010. 610 с.

5. Шпытев Н.В. Нутромер // Патент на изобретение RU 2044259 С1. Опубликовано 20.09.1995.

6. А.С. SU 339390 А1. Индикаторный нутромер. / Оpubл. 23.09.2009. Бюл. № 35.

7. Рабинович И.Л. Нутромер самоцентрирующийся // Патент на изобретение RU 2509977 С1. Оpubл. 20.03.2014. Б. № 8.

8. Григорьев И.А., Дворецкий Е.Р. Контроль размеров в машиностроении. М.: Машгиз, 1989. 230 с.

9. Митин А.С., Назарова М.В. Устройство нутромера // Патент на изобретение RU 2397438 С2. Опубликовано 20.08.2010. Бюл. № 23.

10. Теса С.А. Устройство для измерения диаметра отверстия // Патент DE 2462156А1. Оpubл. 18.03.2011. МПК G01В 5/08.

11. Измерительные инструменты и системы. Измерение внутренних размеров и необходимые условия, каталог, TESA IMICRO TECHNOLOGY. HEXAGON METROLOGY, Bugnon 38-CH-1020 Renens-Switzerland, 2008/2009. С. 2–9.

12. А.С. СССР N 312130, кл. G 01В 3/20. Двухконтактный нутромер / Шмунис Г.И., Мезенцев С.А. (СССР) № 1175734/25-28; заявл. 31.08.1967, опубл. 19.08.1971. Бюль. № 25.

13. ГОСТ 868-82. Нутромеры индикаторные с ценой деления 0,01 мм. Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 1984. 7 с.

14. А.С. СССР N 174374, кл. G 01В 3/22. Нутромер индикаторного типа для измерения диаметров растачиваемых отверстий / Маресов Ю.И., Стешенко П.Г. (СССР) № 809208/25-28; заявл. 17.12.1962, опубл. 27.08.1965, Бюль. № 17.

15. Кузнецова Р.С., Куликов В.М. Устройство для измерения диаметров и линейных величин // Патент на изобретение RU 2085828. Оpubл. 27.07.2010. Бюль. № 14.