

# Вестник



# УГАТУ

## МОЛОДЕЖНЫЙ

2014. № 2 (11)



# Молодежный Вестник УГАТУ

Ежемесячный научный журнал

№ 2 (11) / 2014

Учредитель и издатель:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уфимский государственный авиационный технический университет»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС77-45257 от 1 июня 2011 г. и ПИ № ФС77-46326 от 26 августа 2011 г.

Редакционная коллегия:

Главный редактор: Лютов Алексей Германович,  
проректор ФГБОУ ВПО УГАТУ, д.т.н., проф.

Члены редакционной коллегии:

Ахмедзянов Дмитрий Альбертович, д.т.н., проф.

Месропян Арсен Владимирович, д.т.н., проф.

Елизарьев Алексей Николаевич, к.т.н., доцент

Михайлова Александра Борисовна, к.т.н.

Ответственный редактор: Михайлова Александра Борисовна,  
Мухачева Наталья Николаевна

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

Адрес редакции:

450000, г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12, корп. 6, комн. 610, тел. 273-06-67

e-mail: [mvu@ugatu.ac.ru](mailto:mvu@ugatu.ac.ru)

<http://mvu.ugatu.ac.ru/>

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ</b> .....	5
<b>Михайлова А. Б., Аймурзин В. А.</b> Разработка программного модуля для расчета лопаток компрессора на статическую прочность .....	5
<b>Михайлова А. Б., Макаров Н. И.</b> Шум турбовинтовентиляторного двигателя .....	9
<b>Бакирова З. Н., Михайлова А. Б.</b> Моделирование рабочего процесса осевых компрессоров авиационных ГТД с учетом клапана перепуска .....	13
<b>Кишалов А. Е., Игнатъев О. И.</b> Экспериментальная проверка моделирования струйных течений в ANSYS CFX .....	17
<b>Ахметов Ю. М., Зангиров Э. И., Мухаметов М. В., Халиуллин И. Р., Хакимова Л. Ф.</b> Численное моделирование устройства электрогидродинамического преобразования энергии .....	24
<b>Хакимова Л. Ф., Хакимов Р. Ф., Бакиева А. Д., Мухаметов М. В.</b> Структурно-алгоритмическая схема расчета системы вихревых труб с компонентным разделением газов .....	31
<b>Афанасьев К.Ю.</b> Комплексный метод утилизации сточных вод электрообессоливающих установок и попутного нефтяного газа на месторождениях.....	36
<b>Афанасьев К. Ю.</b> Выбор эффективного метода использования газотурбинных установок на газоперекачивающих станциях.....	42
<b>Кишалов А. Е., Самигуллин А. А.</b> Анализ характеристик авиационных ГТД V поколения.....	47
<b>Сабангулова Л. Б., Хайруллина А. А.</b> Применение нечеткой логики в системе наддува дизельного двигателя.....	54
<b>Калимуллин Р. Р., Мухаметов М. В., Халиуллин И. Р., Юнусбаев Д. И.</b> Влияние обратной связи в вихревой жидкостной трубе на характер нагрева жидкости в теплогенераторе .....	59
<b>Сабангулова Л. Б.</b> Система наддува с использованием ПЛИС.....	66
<b>Вавилов В. Е., Якупов А. М., Хакимова И. И.</b> Поплавковая электростанция на трехкоординатном электромеханическом преобразователе энергии колебаний и ветроэнергетической установки. ....	69
<b>Мавлиханова А. Ф., Загайко С. А.</b> Моделирование железнодорожного переезда на бирском тракте г.Уфа.....	74
<b>Зангиров Э. И., Мухаметов М. В., Свистунов А. В., Хакимов Р. Ф., Халиуллин И. Р., Юнусбаев Д. И.</b> Исследование влияния изменения давления и температуры на входе вихревого регулятора на его характеристики .....	80

<b>Филосова В. К., Шаронова Ю. В.</b> Методы управления знаниями на примере создания онтологии предметной области.....	87
<b>Мухаметов М. В., Козлов В. А.</b> Разработка конструктивного решения и параметры для выбора граничных условий для численного моделирования течения рабочей жидкости в пароплазменном генераторе .....	92
<b>Жеребило В. Ю., Сеньюшкин Н. С., Рожков К. Е.</b> Модернизация и расчет принципиальной тепловой схемы ТЭЦ НА базе турбоустановки ПТ-80\100-130\13.....	98
<b>ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ</b> .....	104
<b>Дзинтер Н. В., Шарафиева Г. А.</b> Структура инновационного потенциала предприятия энергосетевого комплекса .....	104
<b>Дзинтер Н. В., Шарафиева Г. А.</b> SMART GRID как инновационный ресурс модернизации энергосистемы России .....	109
<b>Калимуллина Э. Р.</b> Этика семейных отношений.....	117
<b>Мурзаянов А. В., Науразбаева Ю. В.</b> Организация маркетинга персонала.	121
<b>Алиева Е. В.</b> Поколения XYZ .....	126
<b>Васильев С. С.</b> Психология влияния.....	131
<b>Дубровина Е. С., Кравченко М. С., Чувилина М. Ю.</b> Построение инвестиционного рейтинга российских регионов для услуг сотовой связи ...	137
<b>Федорова Е. А., Дзинтер Н. В.</b> Система управления инновациями на предприятии.....	147
<b>Шамсутдинова Ф. С.</b> Система управления персоналом в инновационных организациях.....	152
<b>ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ</b> .....	157
<b>Калимуллина Э. Р., Хатмуллина М. Т.</b> Моделирование эффекта.....	157
<b>Хайруллина А. А., Сабангулова Л. Б.</b> Метод ближайших соседей в прогнозировании валютных котировок .....	161

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 629.7.01

### РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ЛОПАТОК КОМПРЕССОРА НА СТАТИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ

Михайлова А. Б., Аймурзин В. А.

С развитием технологий повышаются требования к характеристикам авиационных двигателей, а, следовательно, и к их качеству. Для обеспечения широкого спектра требований к двигателям новых поколений в условиях сокращения затрат (времени и материальных ресурсов) и повышения качества продукции на международном рынке происходит коренной пересмотр методологии проектирования с внедрением информационных технологий в рамках CALS – компьютерной поддержки жизненного цикла продукции, реализации системного и объектного подходов, широкого использования математического моделирования. В настоящее время ведутся работы над созданием двигателей нового поколения, которые должны обладать рядом характеристик, придающих качественно новый уровень летательному аппарату. Среди основных направлений развития компрессоров следует отметить сокращение числа ступеней при одновременном повышении суммарной степени повышения давления и адиабатического КПД. Это может быть достигнуто за счет значительного повышения аэродинамической нагруженности и адиабатического КПД отдельных ступеней, а также применения новых материалов и технологий изготовления, совершенствования методов конструирования и оценки напряженно-деформированного состояния узла.

Повышение требований в ГТД означает повышение нагрузок на его элементы, одним из которых является лопатка компрессора. Расчет на прочность является одним из важных элементов при проектировании лопаток авиационных ГТД и самих двигателей в целом. Компрессорные лопатки можно разделить на две большие группы – рабочие лопатки колес и статорные лопатки. Рабочие лопатки работают в сложных условиях, и поэтому их проектированию уделяется особое внимание. Для статорных лопаток многие проблемы отсутствуют, и проектирование менее проблематично. К конструкции рабочих лопаток предъявляются весьма высокие требования, которые можно представить в виде четырех основных условий:

- 1 совершенные газодинамические характеристики. Выполнение этого условия способствует достижению высоких коэффициентов полезного действия компрессора;
- 2 высокая надежность конструкции рабочих лопаток;
- 3 технологичность конструкции;
- 4 живучесть конструкции – способность сохранять надежность в процессе эксплуатации при условии появления возможных, заранее обусловленных повреждений посторонними предметами.

Лопатка находится под воздействием двух основных статических сил: центробежной силы собственной массы лопатки и поперечных аэродинамических сил, создаваемых потоком воздуха. Центробежные силы вызывают большие напряжения растяжения, а поперечные аэродинамические силы вызывают изгиб лопатки. Также, лопатки испытывают напряжения кручения от центробежных и аэродинамических сил, но они не значительны, потому при расчете лопатки на статическую прочность эти напряжения не учитывают. Центробежные силы, в зависимости от конструкции пера и расположения бандажных полок, могут создавать изгиб лопатки, что используется для компенсации аэродинамических изгибающих моментов. Оценка прочности лопатки

производится по совокупности действий всех силовых факторов. В качестве расчетных для оценки прочности лопатки принимаются следующие режимы:

- 1 стендовый режим;
- 2 режим полета на максимальной скорости у земли;
- 3 режим полета на максимальной высоте при максимальной частоте вращения ротора.

В процессе проектирования широко используются математические методы оценки прочности лопаток. Их сочетание с программными комплексами позволяет сократить время, затрачиваемое на выполнение математических расчетов и ускорить процесс проектирования. Для информационной поддержки ранних стадий проектирования необходима разработка многоуровневого гибкого программного комплекса, базирующегося на одномерных и двухмерных моделях рабочего процесса, что позволит значительно сократить трудоёмкость последующих стадий проектирования, а также экспериментальной доводки изделия. В НИЛ САПР-Д кафедры авиационных двигателей УГАТУ разработана система имитационного моделирования (далее СИМ) компрессоров авиационных ГТД COMPRESSOR. Разработанная СИМ позволяет проводить проектировочный расчет многоступенчатых осевых компрессоров по среднему диаметру, распределять параметры по высоте пера лопатки в каждой ступени, производить профилирование лопаток рабочего колеса в различных сечениях по высоте пера лопатки. В СИМ COMPRESSOR реализована возможность получения характеристик многоступенчатых осевых компрессоров в широком диапазоне изменения входных условий и частот вращения ротора. Структурные элементы, формирующие модель компрессора соединяются информационными взаимосвязями, по которым передаются параметры между элементами. Для осевого компрессора это «Механический поток» (зеленого цвета), «Поток газа» (синего цвета) и «Профилирование» (желтого цвета). СИМ COMPRESSOR позволяет профилировать лопатки ГТД по сечениям на основе параметров потока в конкретной ступени компрессора.

Для предварительного расчета лопаток на прочность в СИМ COMPRESSOR создан модуль «прочность». В данном модуле реализован математический метод расчета и проверки выполнения условия прочности. Модуль «прочность» напрямую связан с модулем «профилирование» (рис.1), это значит, что большая часть исходных данных для расчета на прочность передается автоматически. Пользователю необходимо лишь ввести имя файла для сохранения результатов расчета и данные о свойствах материала. При таком подходе к данной проблеме значительно упрощается задача проектирования лопаток компрессора, что ведет к значительному снижению вероятности появления ошибок в расчетах, повышению эффективности и снижению трудоемкости.

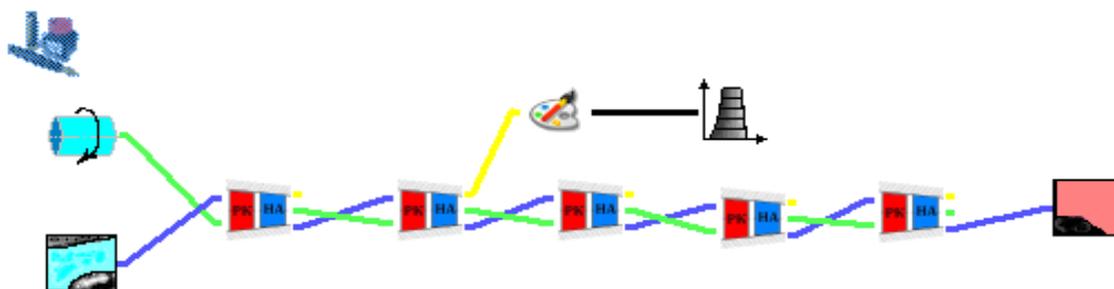


Рис. 1. Схема подключения модуля «прочность»

Для расчета лопаток на статическую прочность использован метод, представленный в [1]. Так как СИМ COMPRESSOR позволяет получить параметры профиля на разных сечениях, то для расчета напряжения растяжения используется следующая формула:

$$\sigma_p = \frac{1}{F_i} (\rho \omega^2 \frac{1}{4} (F_{i-1} + F_i)(R_{i-1} + R_i)(R_{i-1} - R_i) + \sigma_{i-1} F_{i-1});$$

Количество сечений задается пользователем. При первом запуске расчета появляется диалоговое окно, в котором программа предлагает пользователю ввести число сечений для расчета (рис.2). На данном этапе реализован алгоритм защиты программы от ошибки ввода. Если пользователь введет недостаточное число сечений (минимум 6) или недопустимое значение (дробное число, текст), то программа выведет соответствующее сообщение и повторит процедуру ввода.

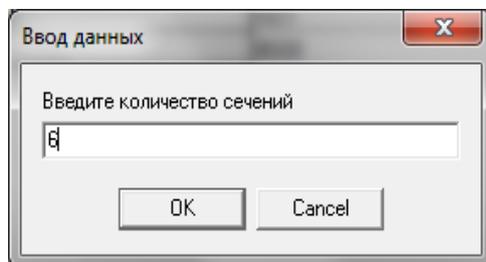


Рис. 2. Окно ввода количества сечений

После ввода количества сечений программа, основываясь на геометрии пера лопатки, рассчитывает и выводит пользователю необходимые для расчета относительные высоты лопатки (рис.3). Следует отметить, что в выводимый список входят только те сечения, в которых не проводился расчет, что позволяет избежать лишних повторных расчетов. После расчета параметров во всех сечениях строится модель, на основе которой программа проводит оценку напряженного состояния лопатки компрессора. После этого можно, при необходимости, изменить данные о материале. Программа проведет расчеты, используя уже построенную модель.

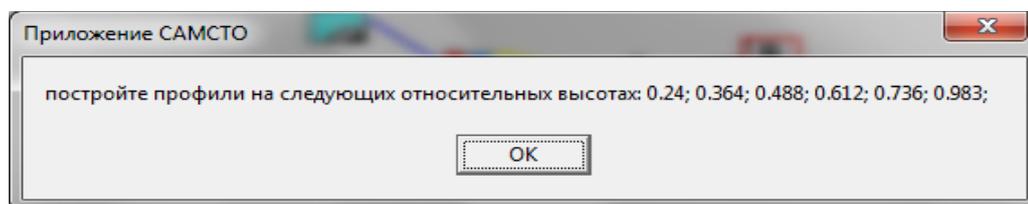


Рис. 3. Список относительных высот лопатки

На данном этапе разработки модуля реализован вывод результатов расчета двумя способами: вывод в файл (рис.4) и вывод в окно программы (рис.5). Вывод в окно программы представлен следующим образом: в окно программы выводятся максимальные напряжения растяжения, напряжения изгиба в точках А, В и С, а также суммарные напряжения в этих точках, минимальный коэффициент запаса прочности и сообщение о выполнении (или не выполнении) условия прочности. Вывод результатов в файл представляет собой набор файлов с расширением `har` (можно просмотреть при помощи CharEdit), содержащих графики распределения напряжений по высоте лопатки, и файл с расширением `txt`, в котором хранятся все данные по расчетной модели.

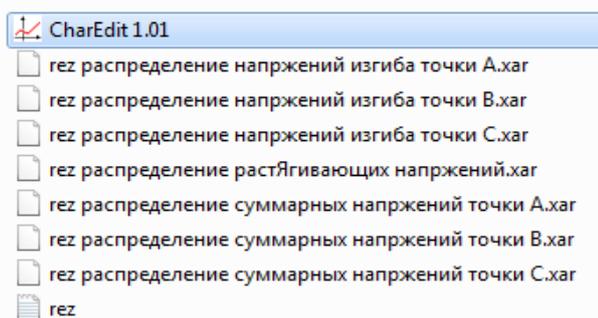


Рис. 4. Вывод результатов расчета в файл

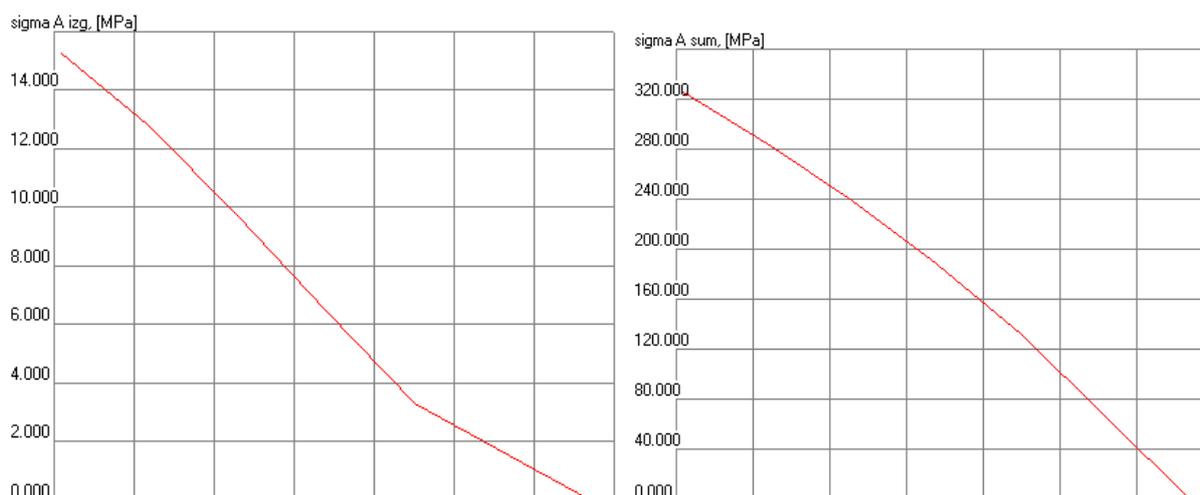


Рис. 5. Вывод графиков при помощи CharEdit

Прочность	
Входные параметры	Выходные параметры
1 - Максимальная центробежная сила, [кН]	86.6173620042527
2 - Максимальное напряжение растяжения, [МПа]	340.999811047804
3 - Максимальное напряжение в т.А, [МПа]	360.071769515996
4 - Максимальное напряжение в т.В, [МПа]	354.497389042431
5 - Максимальное напряжение в т.С, [МПа]	331.986204510399
6 - Минимальный коэффициент запаса прочности	3.055
7 - Выполнение условия прочности	да

Рис. 6. Вывод результатов расчета в окно программы

Программный модуль «прочность» входит в состав СИМ COMPRESSOR, расширяет его возможности, позволяет сократить затраты времени и ресурсов при проектировании компрессоров ГТД.

В качестве направлений для развития можно отметить реализацию алгоритма, позволяющего провести расчет компенсирующих изгибающих напряжений от центробежных сил, а также алгоритма расчета собственной частоты колебания лопаток.

**Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ МК-2249.2014.8**

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скубачевский Г.С. Авиационные газотурбинные двигатели. Конструкция и расчет деталей. (Изд. 3е) - 1969
2. Хронин Д.В. Конструкция и проектирование авиационных газотурбинных двигателей. – Москва, Машиностроение, 1989.
3. Михайлова А. Б. Система моделирования компрессоров авиационных ГТД COMPRESSOR / А. Б. Михайлова, Д.А. Ахмедзянов, И.А. Кривошеев: Свидетельство № 2009612688. Москва: Роспатент, 2004. Михайлова А. Б., Аймурзин В. А., Варакута О. А. Совместное решение задач газовой динамики и прочности при моделировании осевых компрессоров / Молодежный вестник УГАТУ, №4 (9)/октябрь, 2013, с 93 – 96.

**ОБ АВТОРАХ**

**Михайлова Александра Борисовна**, доц. каф. авиац. двигателей УГАТУ, дипл. инж. по авиационным двигателям и энергетическим установкам (УГАТУ, 2008). Канд. техн. наук по тепловым, электроракетным двигателям и энергоустановкам ЛА (УГАТУ, 2011). Исследования в области процессов в компрессорах авиационных ГТД с использованием имитационного и 3D-CAD/CAE моделирования



Фото

**Аймурзин Вадим Аркадьевич**, студент 4 курса группы Т10 АД-435

УДК 621.45.02

**ШУМ ТУРБОВИНТОВЕНТИЛЯТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ**

**Михайлова А. Б., Макаров Н. И.**

Уровни шума пассажирских самолетов в настоящее время во многом определяют их конкурентоспособность и являются важной технической характеристикой.

Шум самолетов оказывает раздражающее воздействие на проживающее вблизи аэропортов население, пассажиров и обслуживающий персонал, создает помехи при приеме и передаче информации, вызывает аномалии в работе приборов и электронной аппаратуры. Поэтому шум пассажирских самолётов и вертолётов на местности ограничен национальными стандартами и стандартами Международной организации гражданской авиации ИКАО, а шум в салоне – национальными стандартами. Анализ этих стандартов показывает, что требования по шуму непрерывно ужесточаются, уровень шума у новых самолётов имеет тенденцию к снижению. На рис. 1 приведен уровень шума мирового парка самолетов.

Основной и наиболее эффективный путь решения проблемы шума самолетов — это снижение шума в источнике. Газотурбинный двигатель является наиболее мощным источником шума самолетов.

С увеличением степени двухконтурности шум струи снижается, а шум вентилятора и турбины возрастает и при  $m=3$  становится определяющим. Дальнейшее увеличение степени двухконтурности ( $m>3$ ) приводит к увеличению шума от вентилятора.

Для расчета акустических характеристик винтовентиляторного двигателя (ТВВД) и определения необходимой величины звукопоглощения необходимо выявить источники шума, провести оценку генерируемого ими шума.

Основными источниками шума ТВВД являются винтовентилятор, компрессор, камера сгорания, турбина и реактивная струя. Каждый источник шума характеризуется частотным составом определенных уровней (спектром) и направленностью излучения. На рис. 2 представлена классификация источников шума ТВВД



Рис. 1. Уровень шума мирового парка самолетов



Рис. 2. Классификация источников шума ТВВД.

С целью создания малошумного ТВВД предусматривается комплекс методов снижения шума. Сюда входит как выбор схемы двигателя, его степени двухконтурности, основных параметров рабочего процесса, так и разработка конструктивных мероприятий, направленных на снижение уровней шума основных источников ТВВД (винтовентилятора, струи, турбины, внутренних источников) в местах генерации и на пути распространения шума. Под конструктивными мероприятиями понимаются такие, которые при приемлемых потерях тяги и удельного расхода топлива обеспечивают эффективное снижение шума (1,5—2,0 EPN дБ на 1% потерь) в контрольной точке, технологичны в изготовлении, просты и надежны в эксплуатации, обладают малым весом.

Методы снижения винтовентиляторного шума можно разделить на активные и пассивные. Активные воздействуют на процесс шумообразования винтовентилятора и

способствуют образованию меньшего шума в самом источнике, пассивные предусматривают снижение уже образовавшегося шума на пути его распространения в газоздушных трактах двигателя и воздухозаборника.

Методика расчета уровня шума двигателей зависит от типа двигателей. Нет на сегодня универсальной методики, есть отдельные методики для ТРД и ТРДД, для ТВД, ТВВД, ТВаД. Основа этих методик полумпирические зависимости, точность которых зависит от экспериментальных данных. Каждая организация, занимающаяся разработками ГТД, например, такие как Роллс-Ройс, Пратт-Уитни, General Electric, NASA, из Российских - ЦИАМ, ЦАГИ и СНТК им. Н.Д. Кузнецова, разрабатывает оригинальные методики на основе своих экспериментальных данных.

Шум винтовентилятора имеет, в основном, аэродинамическое происхождение. Причиной его возникновения являются различного рода нестационарные процессы, характерные для аэродинамики винтовентилятора. При нестационарном обтекании профиля на нем, возникает нестационарная эпюра статического давления и нестационарная подъемная сила, которая создает возмущения потока, распространяющиеся от каждой лопатки в виде волн звукового давления. Различают три вида шума винтовентилятора: дискретный (тональный) шум, широкополосный шум и шум ударных волн (комбинационный шум. Для дозвукового винтовентилятора характерными являются широкополосный и дискретный шумы. В сверхзвуковом винтовентиляторе возникает еще шум дискретных составляющих на комбинированных частотах (шум ударных волн).

Для двигателей с дозвуковыми скоростями потока в винтовентиляторе основной причиной генерации шума служат периодическая и случайная неоднородности потока.

Источники периодической неоднородности потока: следы за лопатками и входная неравномерность потока. Взаимодействие первого ряда лопаток с неравномерным входным потоком приводит к периодической нестационарности потока по отношению к ряду лопаток, расположенному ниже по потоку.

Основные источники случайной неоднородности потока: собственная турбулентность потока на входе в винтовентилятор, срыв вихрей с задней кромки лопаток (турбулентные следы за лопатками), турбулентный пограничный слой на корпусе или лопатках. Другими источниками возникновения случайной неоднородности потока являются перетекания на концах лопаток и вторичные течения в каналах решеток.

Дискретный шум винтовентилятора обусловлен вращением ротора или взаимодействием ротора со статором, в результате которого возникает бесконечное число вращающихся структур или вращающихся мод акустических колебаний. Различают два вида дискретных шумов винтовентилятора: шум «следового» взаимодействия и шум вращения. Шум взаимодействия возникает из-за периодических изменений давления на лопатках винтовентилятора вследствие неоднородности потока, поступающего на вход в колесо.

Широкополосный шум винтовентилятора обусловлен взаимодействием случайной неоднородности потока с профилями лопаточных венцов. Возможными источниками широкополосного шума являются:

- срыв вихрей с лопаток РК и НА;
- взаимодействие между турбулентностью во входном потоке и полями давлений на лопатках РК и НА;
- взаимодействие между полями давлений на лопатках РК и НА и турбулентными пограничными слоями на стенках корпуса винтовентилятора и т. д.

Физика образования широкополосного шума следующая. Случайная неоднородность потока, связанная с мелкомасштабной турбулентностью (которая, возникает на входе, либо генерируется в пограничном слое на стенке корпуса или на лопатках, либо возникает в следах за лопатками), вызывает случайную неравномерность поля скоростей и пульсации угла атаки потока на входе в рабочую решетку. В результате

возникают местные пульсации давления на поверхности лопаток РК и пульсации подъемной силы, действующей на лопатку, что приводит к генерации звукового импульса. Шум вихрей, сошедших с профиля, также вносит определенный вклад в уровень широкополосного шума. Довольно тонкий пограничный слой, образующийся на втулке, вращается вместе с ротором и взаимодействует с ним при сравнительно низких числах  $M$  в относительном движении.

Шум ударных волн, или тональный шум на комбинационных частотах, является результатом взаимодействия потока и лопаток РК сверхзвукового винтовентилятора. При сверхзвуковых относительных скоростях потока на периферии РК на передних кромках рабочих лопаток возникают ударные волны, движение которых по окружности вызывает генерацию шума вращения. Амплитуды ударных волн переменны, поскольку скорость потока изменяется по шагу решетки. Перед винтовентилятором более интенсивные ударные волны догоняют и накладываются на более слабые, образуя сложную интерференционную картину. Результирующее поле ударных волн, вращающееся с рабочим колесом винтовентилятора, генерирует шум, состоящий из серии тонов, имеющих частоты, кратные частоте вращения вала.

**Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ МК-2249.2014.8**

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. И. Белоусов, И. С. Загузов. Конструктивные методы снижения шума авиационных двигателей // Учебное пособие под редакцией академика Н. Д. Кузнецова.

### ОБ АВТОРАХ



**Михайлова Александра Борисовна**, кандидат техн. наук по тепловым, электроракетным двигателям и энергоустановкам ЛА (УГАТУ, 2011), дипл. инж. по авиационным двигателям и энергетическим установкам (УГАТУ, 2008). Исследования в области процессов в компрессорах авиационных ГТД с использованием имитационного и 3D-CAD/CAE моделирования

e-mail: [alexandra1112007@yandex.ru](mailto:alexandra1112007@yandex.ru)



**Макаров Николай Иванович**, студент каф. авиац. двигателей УГАТУ, дипл. инж. по авиационным двигателям и энергетическим установкам (УГАТУ, 2014). Исследования в области шума турбовинтовентиляторного двигателя.

e-mail: [nik2102@yandex.ru](mailto:nik2102@yandex.ru)

УДК 629.7.016.8

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ОСЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ АВИАЦИОННЫХ ГТД С УЧЕТОМ КЛАПАНА ПЕРЕПУСКА

Бакирова З. Н., Михайлова А. Б.

### Введение

В настоящее время при создании авиационных газотурбинных двигателей широко применяется математическое моделирование различного уровня сложности. Получение наиболее достоверных данных о двигателе с помощью его математической модели (ММ) зависит от детальности моделирования составляющих двигатель узлов и элементов, прежде всего лопаточных машин (вентилятора, компрессора, турбин). Наиболее распространенный способ описания этих узлов в математической модели ГТД производится, с помощью характеристик, позволяющих описывать каждый элемент в целом как "черный ящик" с четко выраженными входными и выходными параметрами, что по принятой классификации [1] соответствует нулевому уровню моделирования узлов и первому уровню моделирования двигателя в целом. Однако при математическом моделировании работы авиационного двигателя часто необходимо применять более детальное описание его узлов в системе ГТД.

### Актуальность

Неустойчивые режимы работы компрессора могут проявляться в виде колебаний давлений или в виде скачкообразного изменения (обрыва) расхода воздуха. В системе газотурбинного двигателя это может проявляться различным образом, а именно:

- в резком падении давления за компрессором, что приводит к переобогащению горючей смеси, падению числа оборотов или выключению двигателя;
- в «зависании» двигателя, т.е. в невозможности увеличить частоту вращения из-за роста температуры газа;
- в появлении сильных пульсаций давления и расхода воздуха, вызывающих вибрацию всего двигателя и сдувании пламени в камере сгорания.

Работа компрессора в области неустойчивых режимах почти во всех случаях сопровождается вибрациями лопаток, иногда приводящими к их поломкам.

Получение характеристик компрессора в области неустойчивых режимах является актуальной, так как это необходимо для регулирования и предотвращения неустойчивой работы компрессора.

### Исследования

Современные газотурбинные двигатели имеют компрессоры со сравнительно высокими  $\pi_k^*$  на проектном режиме, ступени выполняются с повышенной газодинамической нагрузкой. Такие компрессоры обязательно должны иметь регулируемые элементы (механизацию) для обеспечения ГДУ во всем диапазоне рабочих режимов: от малого газа до максимального. Для снижения мощности запуска и обеспечения достаточных запасов ГДУ на пусковых режимах и режимах вблизи малого газа часто за средними ступенями выполняется устройство для регулируемого перепуска воздуха. Устройство перепуска располагается за средними ступенями, потому что оно предназначено для разгрузки по углам атаки первых ступеней на пониженных режимах. Если устройство расположить сразу за первыми ступенями, то при его включении нагружались бы средние ступени (по углу атаки) из-за уменьшения расхода воздуха (осевой скорости перед ними). Обычно устройство перепуска воздуха бывает открыто до частоты вращения, начиная с которой углы атаки в первых ступенях станут меньше критических, и запасы ГДУ будут достаточны с закрытыми клапанами. При открытом устройстве перепуска на малых режимах увеличиваются углы атаки на задних ступенях и

соответственно изменяется КПД. Это приводит к уменьшению мощности запуска. С другой стороны, при открытом устройстве перепуска выброс воздуха в атмосферу или наружный контур ТРДД нежелателен из-за ухудшения экономичности всего двигателя, так как выбрасывается воздух, на сжатие которого затрачена энергия. На основных рабочих режимах устройство перепуска должно быть закрыто.

В СИМ COMPRESSOR реализована возможность получения характеристик многоступенчатых осевых компрессоров в широком диапазоне изменения входных условий и частот вращения ротора. Для расчета характеристик многоступенчатых осевых компрессоров на нерасчетных режимах в СИМ COMPRESSOR был добавлен модуль «Клапан перепуска воздуха» (рис.1).

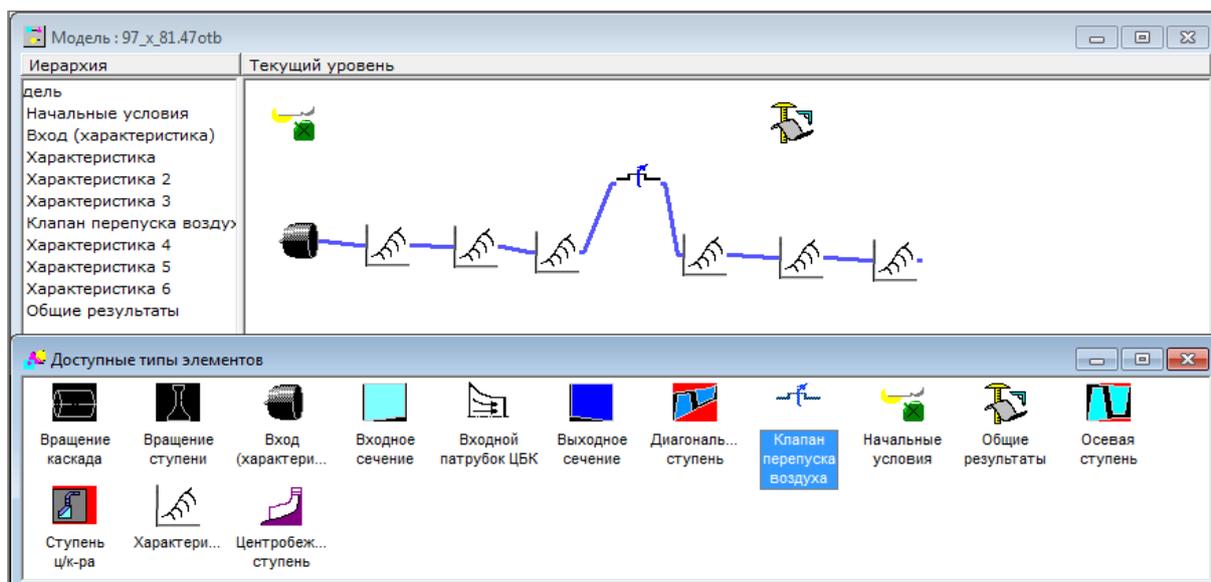


Рис. 1. Модель шестиступенчатого компрессора с учетом модуля «Клапан перепуска воздуха»

Расчет характеристик многоступенчатого осевого компрессора представлен в статье [2]. Аналогично этому расчету, был проведен расчет характеристики компрессора уже с учетом встроенного модуля «Клапан перепуска воздуха».

Входным параметром модуля «Клапан перепуска воздуха» является расходная характеристика клапана. Данная характеристика задавалась в редакторе CharEdit (рис. 2). Расходная характеристика клапана имеет расширение *.tur* (рис.3).

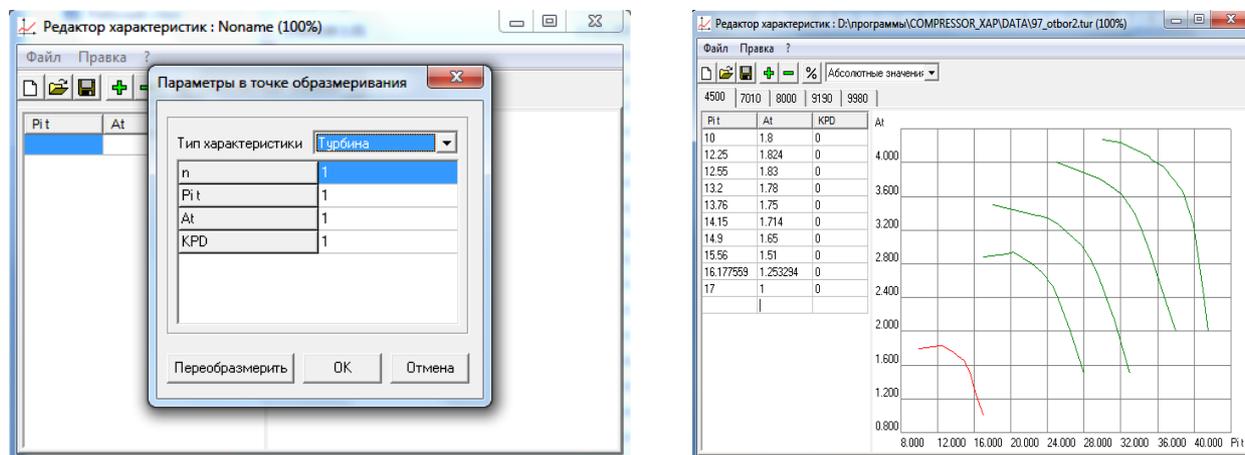


Рис. 2. Редактор CharEdit, задание характеристики клапана

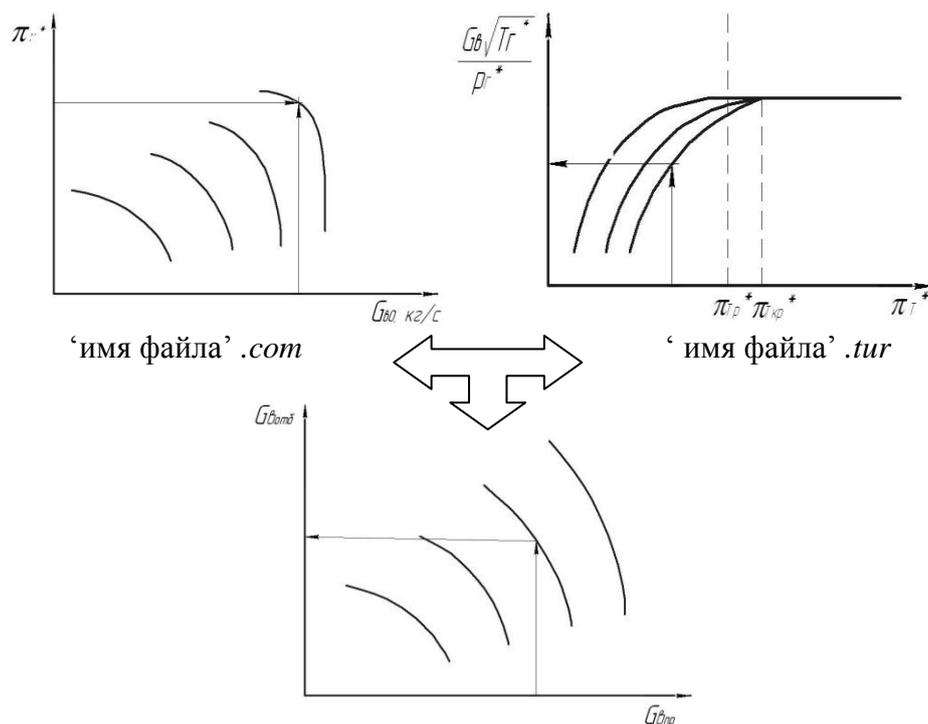


Рис. 3. Выбор типа файла

После задания исходных данных рассчитывается характеристика компрессора с учетом клапана перепуска. Так же рассмотрен вопрос границы устойчивой работы компрессора.

Первым этапом расчета границы устойчивой работы является определение критических углов атаки каждого рабочего колеса.

В СИМ COMPRESSOR [3] заложена методика определения критических углов атаки. На рисунке 5 представлен график сравнения характеристик компрессора: экспериментальной, расчетной и с учетом отбора воздуха.

Распределение углов атаки по ступеням в зависимости от приведенного расхода воздуха на частоте вращения 81% показано на рисунке 4.

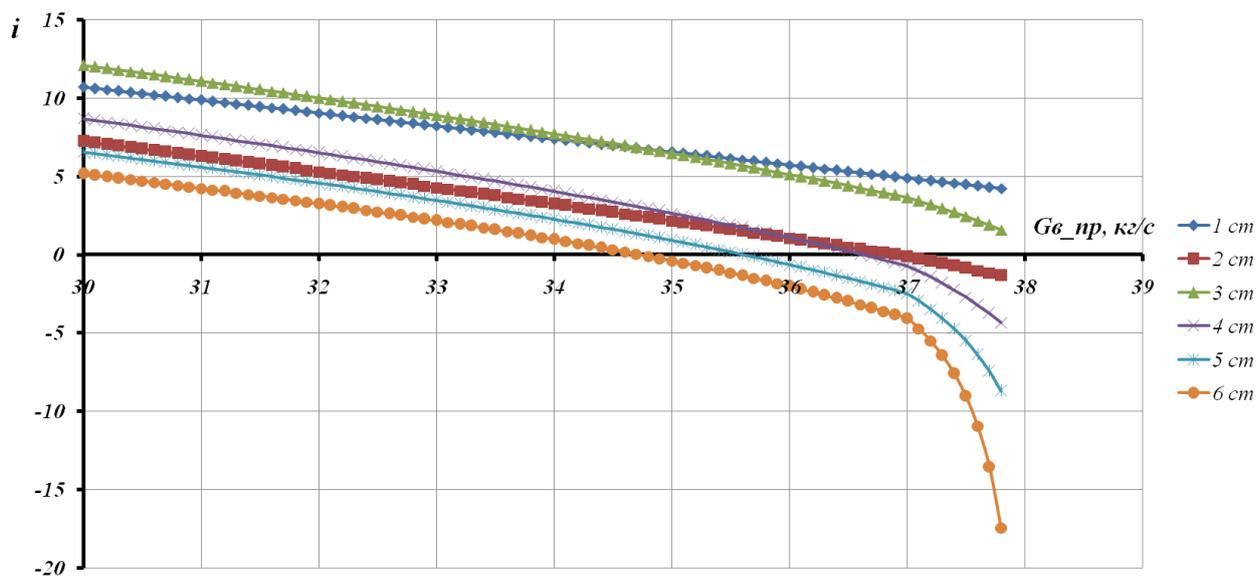


Рис. 4. Распределение углов атаки

На рисунке 5 показаны критические углы атаки.

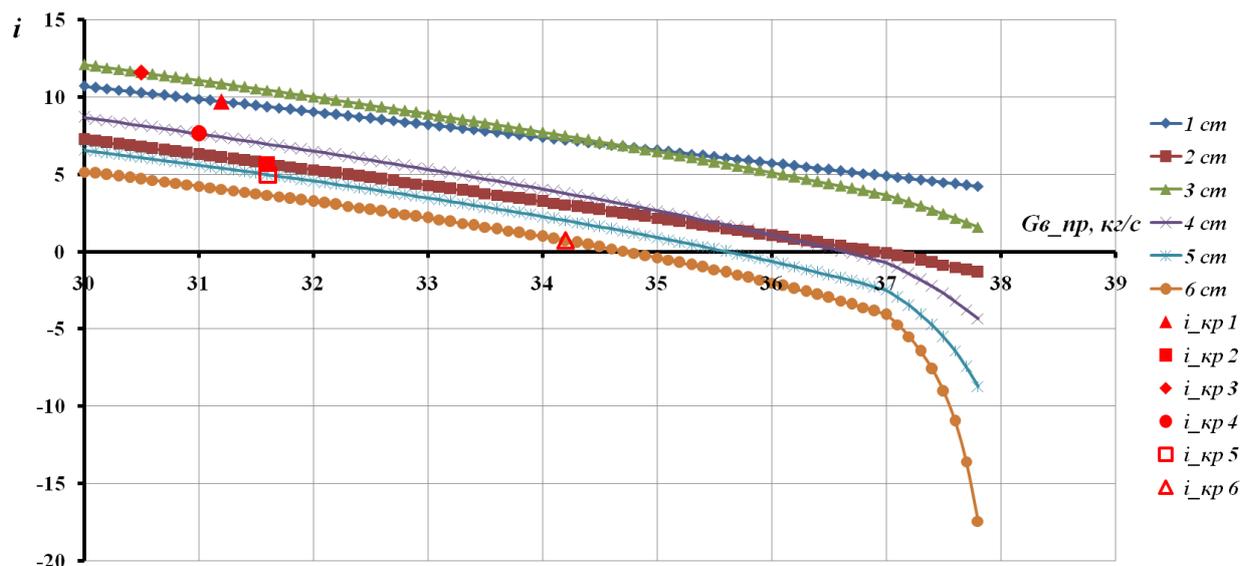


Рис. 5. Критические углы атаки

Из рисунка 5 видно, что при уменьшении расхода раньше всех срыв наступает в шестой ступени, позже – в первой. Данный факт не противоречит реальной физической картине, согласно которой неустойчивая работа при максимальных частотах вращения обусловлена неустойчивой работой последних ступеней. По рисунку 5 можно определить расход воздуха, соответствующий неустойчивой работе компрессора.

Аналогичным образом получают «граничные» точки для остальных ветвей характеристики. Итоговые границы устойчивой работы и характеристики (экспериментальная, расчетная и с учетом отбора воздуха) компрессора изображены на рисунке 6.

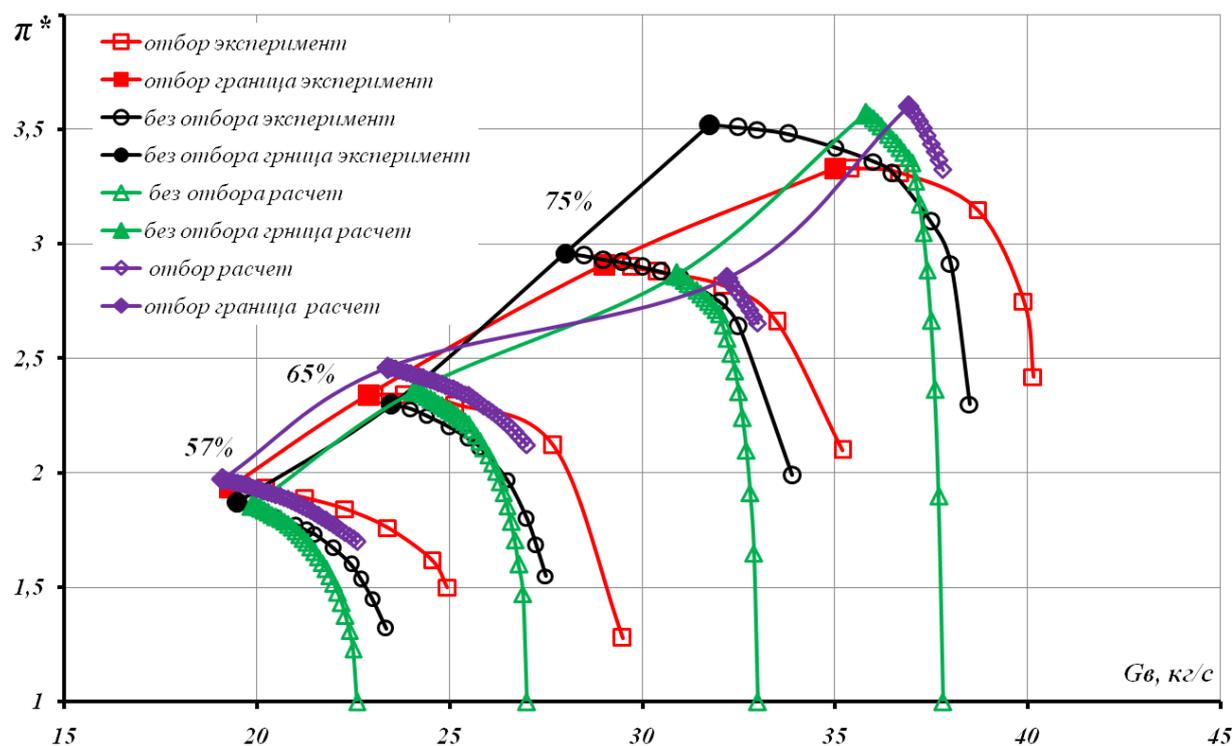


Рис. 6. Сравнение ГДУ и характеристик компрессора: экспериментальной, расчетной и с учетом отбора воздуха

Из графика видно, что применение клапана перепуска способствует увеличению запасов газодинамической устойчивости компрессора на пониженных частотах вращения.

**Исследование выполнено при финансовой поддержке грантов Президента РФ МК-2249.2014.8 и МД-115.2013.8.**

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Белоусов А. Н.** Проектный термогазодинамический расчет основных параметров авиационных лопаточных машин / [А. Н. Белоусов и др.]. – Самара : СГАУ, 2006. – 316 с
2. **Михайлова А. Б.** Покрытия и методы модификации поверхностей для повышения надёжности деталей ГТД / А. Б. Михайлова, З. Н. Бакирова // Молодежный Вестник УГАТУ. Ежемесячный научный журнал № 3 (4). – Уфа: УГАТУ, 2012. – С. 36-46.
3. **Ахмедзянов Д. А.** Система моделирования компрессоров авиационных ГТД (COMPRESSOR) [Программа для ЭВМ] / Д. А. Ахмедзянов, А. Б. Козловская (А. Б. Михайлова), И. А. Кривошеев // № 2009612688. – Москва : Роспатент, 2009.

### ОБ АВТОРАХ



**Бакирова Зиля Нуримановна**, дипл. бак. техники и технологии по направлению авиа- и ракетостроение (УГАТУ, 2012). Исследования в области процессов в компрессорах авиационных ГТД с использованием 3D-CAD/CAE моделирования

e-mail: [bakirova-zilja@rambler.ru](mailto:bakirova-zilja@rambler.ru)



**Михайлова Александра Борисовна**, кандидат техн. наук по тепловым, электроракетным двигателям и энергоустановкам ЛА (УГАТУ, 2011), дипл. инж. по авиационным двигателям и энергетическим установкам (УГАТУ, 2008). Исследования в области процессов в компрессорах авиационных ГТД с использованием имитационного и 3D-CAD/CAE моделирования

e-mail: [alexandra11112007@yandex.ru](mailto:alexandra11112007@yandex.ru)

УДК 621.45.02

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРУЙНЫХ ТЕЧЕНИЙ В ANSYS CFX

**Кишалов А. Е., Игнатьев О. И.**

### Введение

Спутные струи широко представлены в различных узлах планера и двигателя самолета: смешение потоков за крылом, пером лопатки, смесителе, сопле. От корректного моделирования спутных струй зависят конечные характеристики проектируемого изделия. На первом этапе исследования [1] проводилось сравнение результатов трёхмерного численного термогазодинамического моделирования в программном комплексе ANSYS CFX простейших случаев струйных течений с результатами экспериментальных

исследований, описанных в [2]. На втором этапе исследования сравниваются результаты моделирования с результатами экспериментов, проведенных в лаборатории гидрогазодинамики УГАТУ кафедры АТиТ на установке, схема которой приведена на рис.1 [3].

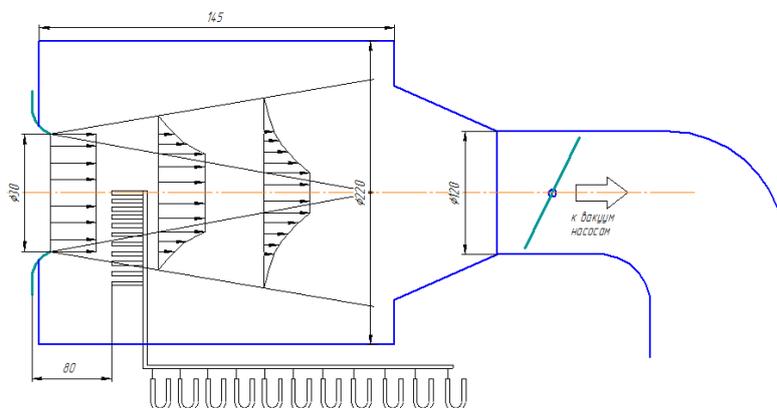


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Через сопло из атмосферы в камеру втекает воздушная струя, что обеспечивается перепадом давлений, создаваемым вакуум-насосами. После выхода струи в камеру образуется струйный пограничный слой, состоящий из увлеченных частиц окружающей среды и заторможенных частиц самой струи. На некотором удалении от входа устанавливается гребенка, имеющая одиннадцать трубок Пито, расположенные по радиусу с шагом в 3,4 мм. Первая трубка установлена по оси потока, последняя выходит за пределы струи. Давление, отбираемое трубками Пито, измеряются U-образными водяными манометрами при низких перепадах давлений. При больших скоростях течения измерение давлений производится с помощью группового регистрирующего манометра (ГРМ Г49-1). Эпюры полных абсолютных давлений при низких и высоких скоростях представлены на рис. 6 и 7. По методике [3] проведена обработка результатов эксперимента и построены эпюры скоростей, представленные на рис. 8, 9.

#### Численный эксперимент

Расчетная модель, представленная на рис. 2, выполнена в CAD-системе NX 8.0. Для уменьшения влияния граничных условий на расчетную область и качественного моделирования процесса увеличиваем зону втекания воздуха (Inlet) и удлиняем выход (Outlet), оставляя «колени».

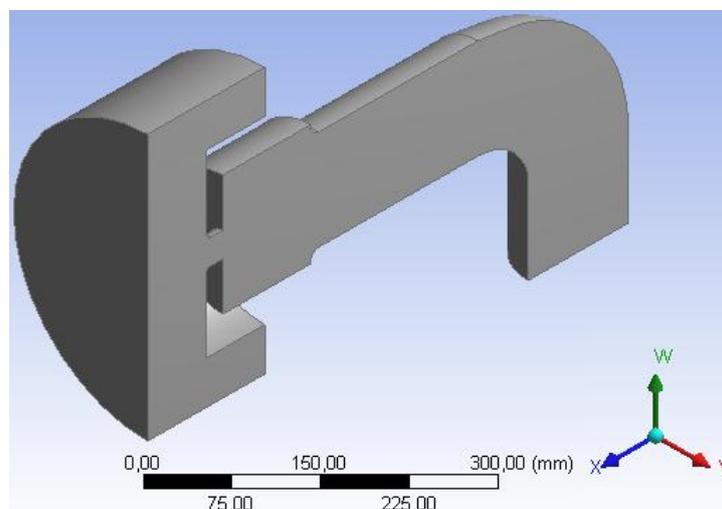


Рис. 2. Расчетная модель

Расчет проводился на сетке 2,6 млн. элементов, со средним размером элемента 3 мм. Для уменьшения времени счета и ресурсов компьютера, используем половину расчетной модели, т.к. течение осесимметричное (см. рис. 2). Рабочее тело в модели – AirIdealGas, расчеты проводились для двух моделей турбулентности -  $k-\varepsilon$  и SST. Модель с граничными условиями в CFX-Pre представлена на рис. 3.

На граничном условии Inlet (вход воздушной струи) задавалась полная температура ( $T^*=296,6$  К, соответствует температуре в помещении во время проведения эксперимента) и избыточное статическое давление ( $\Delta P=0$  Па). На выходе (Outlet) задавался расход, определённый при обработке экспериментальных данных ( $G = 0,035; 0,075$  кг/с, половина расхода во всей модели). На граничном условии Wall задавалась адиабатическая стенка без проскальзывания (с прилипанием пограничного слоя). Symmetry – граничное условие симметрии. Ссылочное давление в модели (Reference Pressure) равно 99000 Па (соответствует атмосферному давлению во время проведения эксперимента).

Расход для низких дозвуковых скоростей рассчитывался по формуле:

$$G = 2\pi\rho(\Delta r)^2 \Sigma w \bar{r}, \quad (1)$$

где  $\rho = \frac{P_a}{R \cdot T^*}$ , кг/м<sup>3</sup> – плотность потока,  $\Delta r = 3,4 \cdot 10^{-3}$  м – расстояние между трубкой пито по радиусу,  $w$  – скорость потока,  $\bar{r} = (0 \div 10)$  – относительный радиус установки трубки.

Расход для высоких околосвуковых скоростей определялся из следующего соотношения:

$$G = 2\pi\rho(\Delta r)^2 \frac{A(k,R)}{\sqrt{T^*}} \Sigma \bar{r} y(\lambda), \quad (2)$$

где  $y(\lambda)$  – газодинамическая функция,  $A(k,R) = 0,0404$ ,  $T^* = 296,6$  К – полная температура потока (соответствует температуре в помещении во время проведения эксперимента).

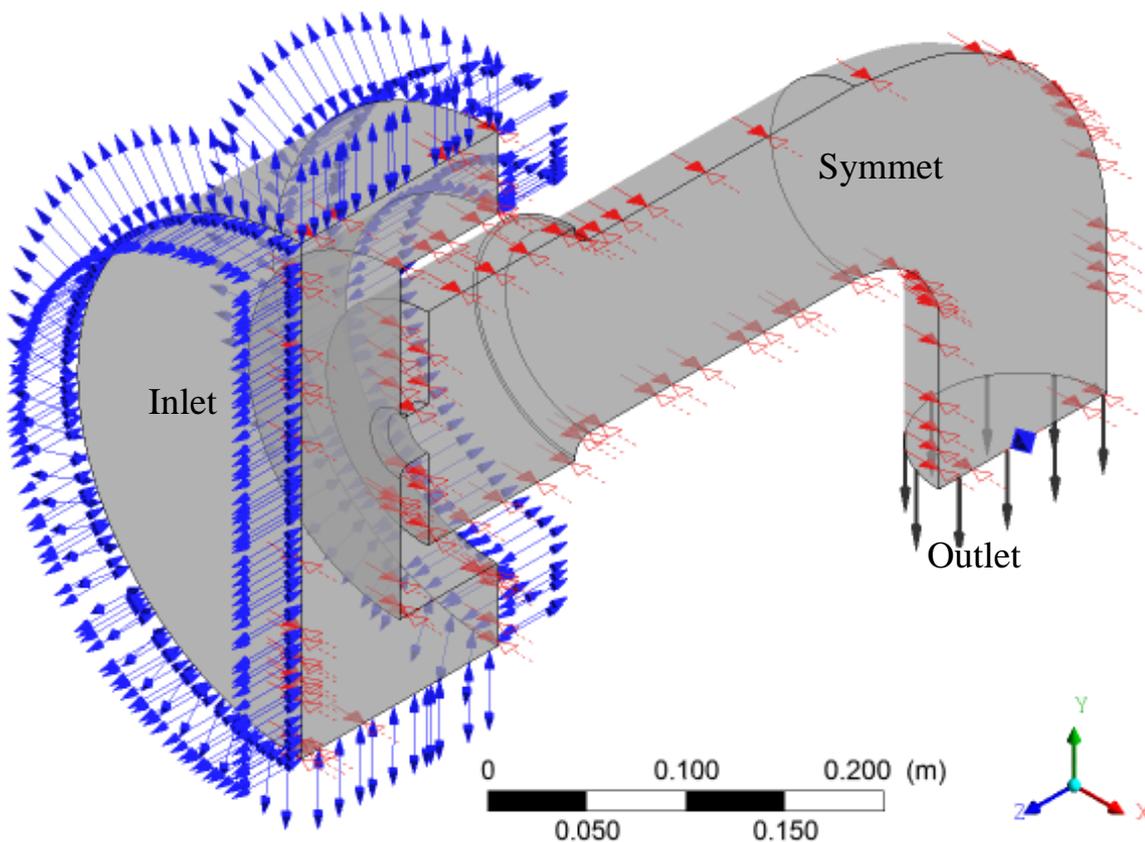


Рис. 3. Задание граничных условий

После задания граничных условий производился расчет в CFX-Solver. Расчет считался законченным, когда сходимость основных уравнений достигает  $10^{-5}$ , а дисбаланс основных уравнений достигает порядка 0,1%.

Далее производилась обработка результатов расчета и оценка результатов в CFX-Post и MS Excel.

На рис. 4 и 5 приведены некоторые результаты расчетов для различных расходов и моделей турбулентности.

Профили скоростей строятся по экспериментальным и расчётным результатам, полученным в одиннадцати точках, соответствующих расположению трубок Пито на установке (см. рис. 1).

На рис. 6–9 и таблице 1 приведены расчётные и экспериментальные профили скоростей и абсолютных полных давлений. В таблицах 2 и 3 приведено сравнение погрешности моделирования абсолютных полных давлений и скоростей.

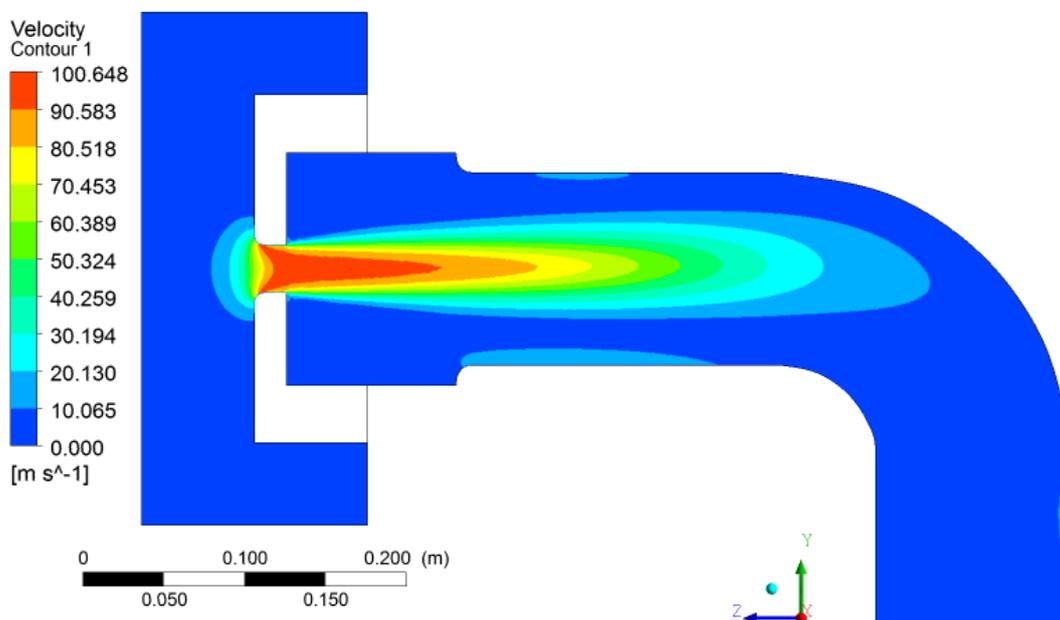


Рис. 4. Поля скоростей для  $G = 0,035$  кг/с

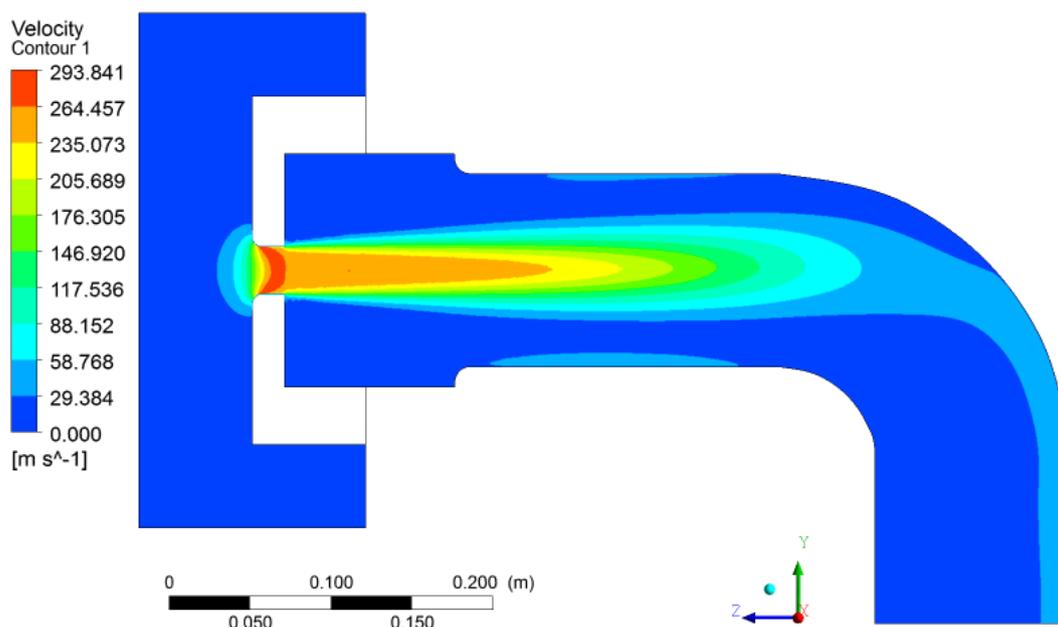


Рис. 5. Поля скоростей для  $G = 0,075$  кг/с

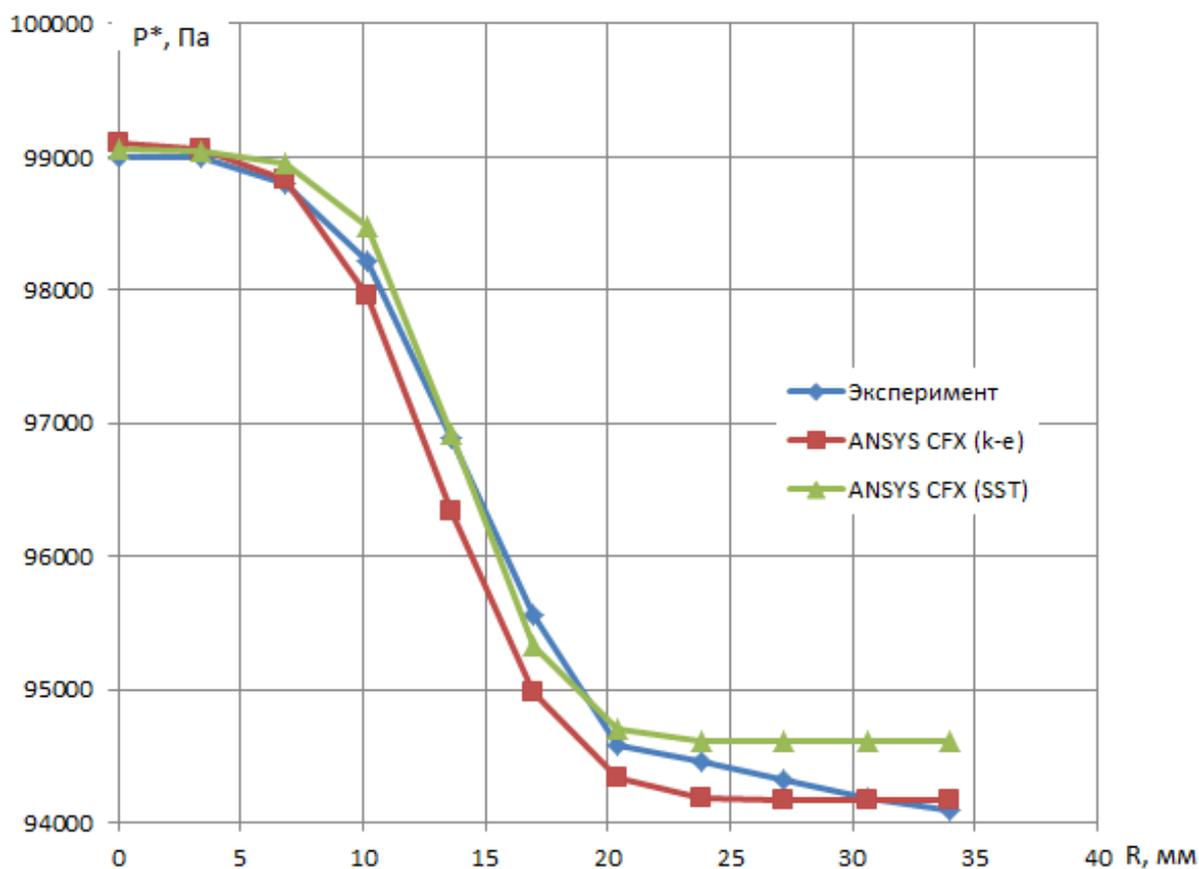


Рис. 6. Профиля абсолютных полных давлений для  $G = 0,035 \text{ кг/с}$

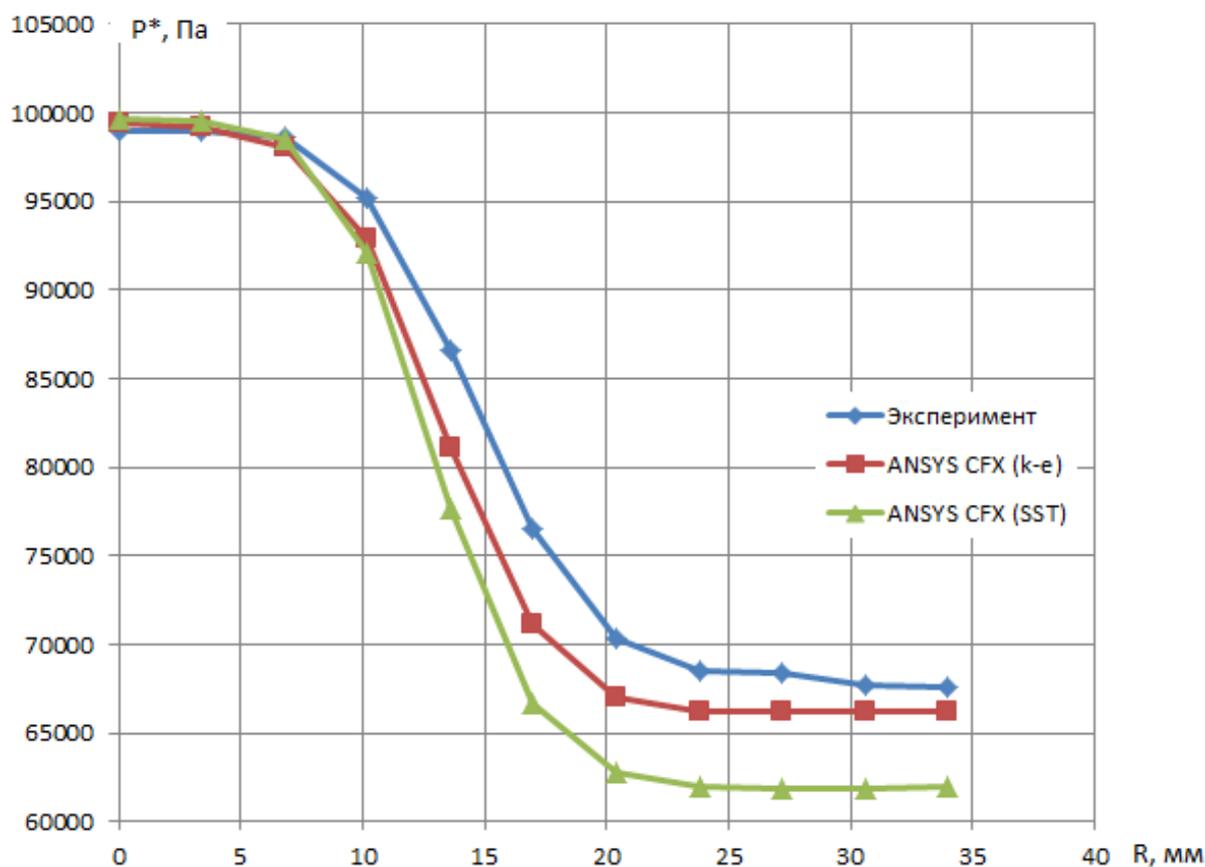


Рис. 7. Профиля абсолютных полных давлений для  $G = 0,075 \text{ кг/с}$

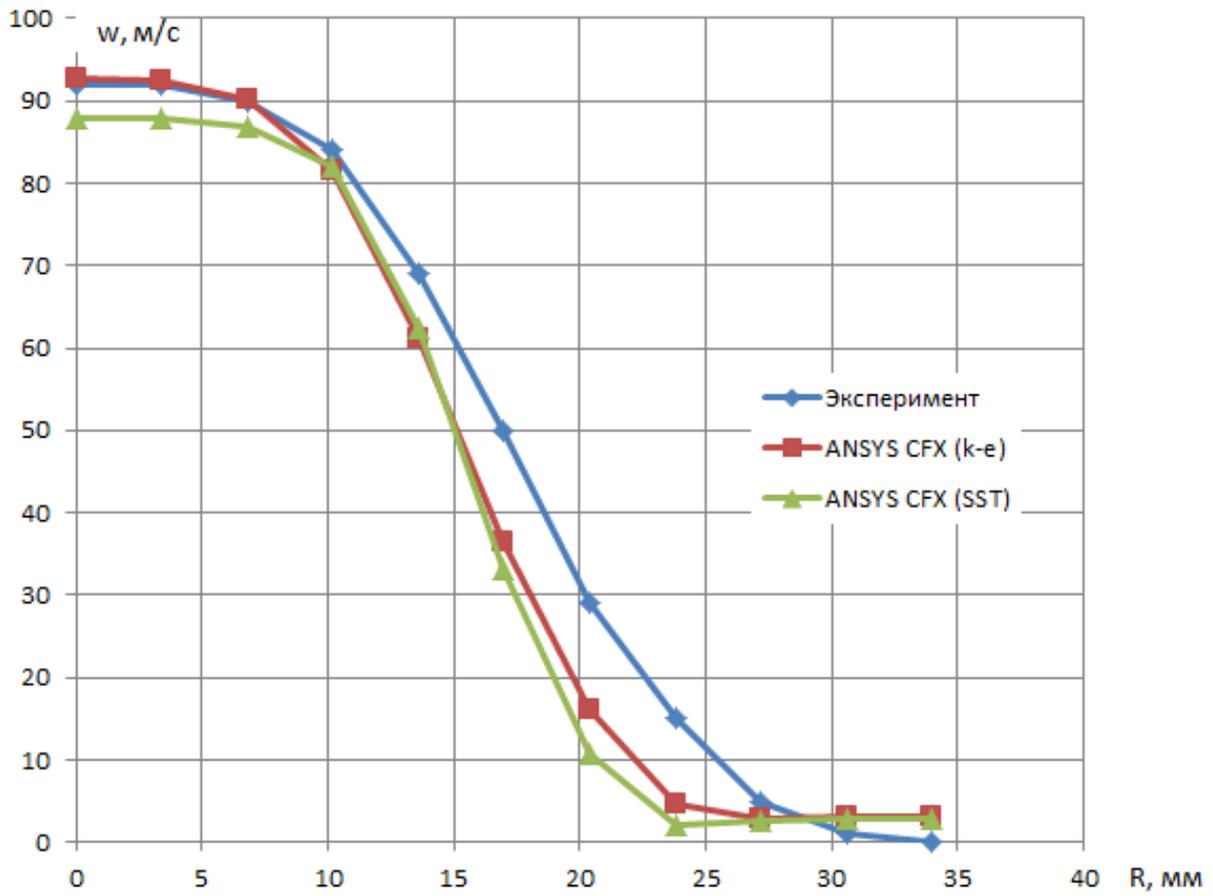


Рис. 8. Профиля скоростей для  $G = 0,035 \text{ кг/с}$

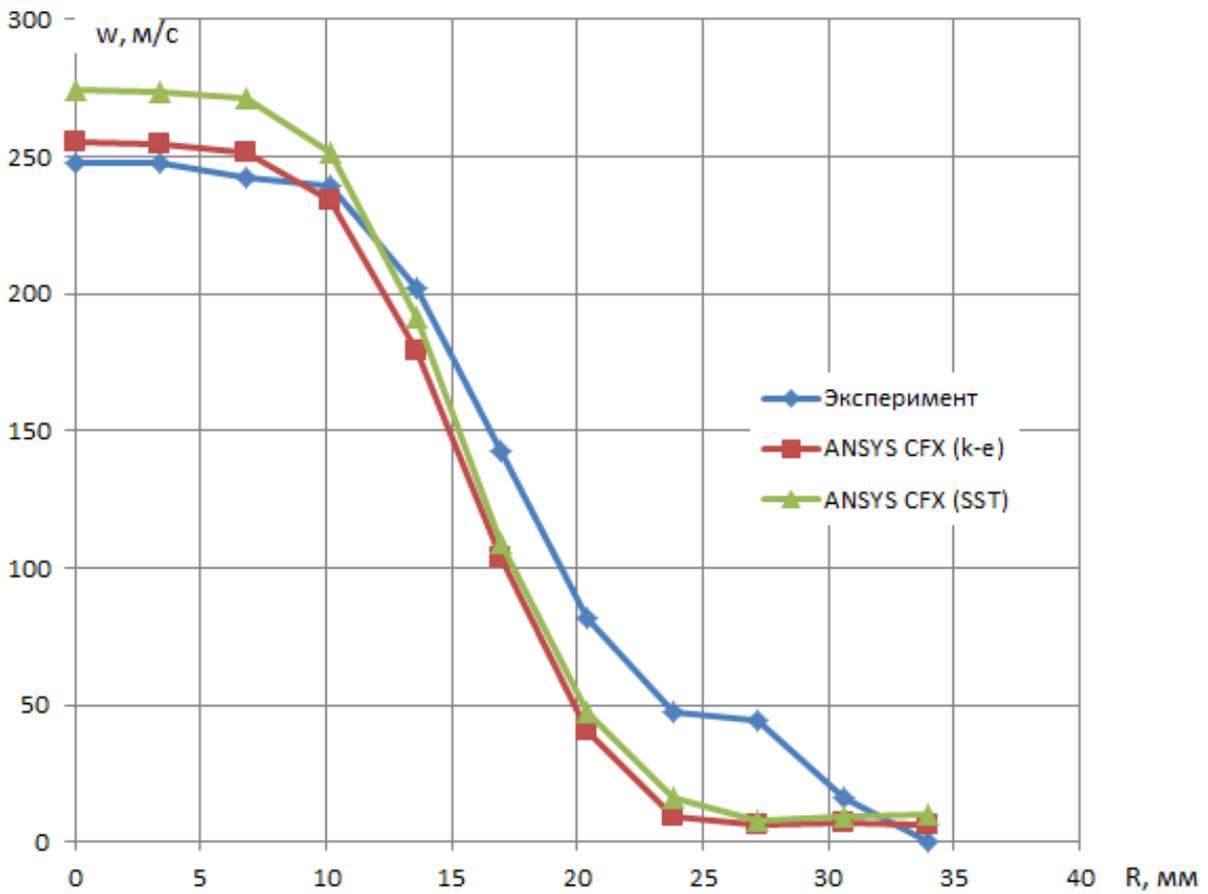


Рис. 9. Профиля скоростей для  $G = 0,075 \text{ кг/с}$

Таблица 1

## Значения скоростей для численного моделирования

	G, кг/с	w, м/с										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
k-ε	0,035	92,7	92,4	90,2	81,5	61,1	36,5	16,1	4,7	2,7	3,1	3,1
	0,075	255,4	254,9	251,5	234,2	179,0	103,5	40,9	9,4	6,1	6,7	6,5
SST	0,035	87,9	87,8	86,9	82,0	62,4	33,3	10,7	2,0	2,5	2,8	2,9
	0,075	274,2	273,9	271,1	251,2	191,5	108,7	47,7	16,3	7,6	9,3	9,9
Эксперимент	0,035	92,0	92,0	90,0	84,0	69,0	50,0	29,0	15,0	5,0	1,0	0,0
	0,075	248,0	248,0	242,7	239,5	201,7	142,8	81,9	47,3	44,1	15,8	0,0

Таблица 2

## Относительная погрешность моделирования по полным давлениям

	G, кг/с	Относительная погрешность, %										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
k-ε	0,035	0,11	0,06	0,03	0,26	0,57	0,62	0,26	0,29	0,17	0,02	0,08
	0,075	0,44	0,23	0,62	2,48	6,35	7,03	4,75	3,32	3,25	2,26	2,11
SST	0,035	0,06	0,04	0,15	0,27	0,02	0,25	0,13	0,17	0,31	0,45	0,56
	0,075	0,68	0,53	0,17	3,34	10,31	12,80	10,75	9,49	9,49	8,56	8,42

Таблица 3

## Абсолютная погрешность моделирования по скоростям

	G, кг/с	Δw, м/с										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
k-ε	0,035	0,7	0,4	0,2	2,5	7,9	13,5	12,9	10,3	2,3	2,1	3,1
	0,075	7,4	6,9	8,8	5,3	22,7	39,3	41,0	37,9	38,0	9,1	6,5
SST	0,035	4,1	4,2	3,1	2,0	6,6	16,7	18,3	13,0	2,5	1,8	2,9
	0,075	26,2	25,9	28,4	11,7	10,2	34,1	34,2	31,0	36,5	6,5	9,9

## Выводы

Основываясь на результатах предыдущих исследований [1] равенство результатов численных модельных исследований с экспериментальными данными продувок [2], можно сказать, что профили безразмерных избыточных скоростей одинаково хорошо воспроизводятся как для модели турбулентности  $k - \varepsilon$ , так и для модели турбулентности SST, максимальная погрешность моделирования не превышает 8%.

Проведённое исследование показало, что профили полных абсолютных давлений и скоростей точнее моделируется моделью турбулентности  $k - \varepsilon$ , относительная погрешность которой по давлениям не превышает 7%, когда как максимальная погрешность для SST модели турбулентности в зоне смешения достигает 12,8%. Возможно, что данные погрешности связаны с погрешностями измерительных приборов, использованных в ходе эксперимента, с методикой обработкой данных (при обработке экспериментальных данных при низких скоростях пользовались частным уравнением Бернулли).

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ МД-115.2013.8.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кишалов А.Е., Игнатьев О.И. Моделирование струйных течений в ANSYS CFX / Молодежный вестник УГАТУ, Уфа, 2013. - Т1. №2 (7). – С. 82-89.
2. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика / М.: Наука, 1991. – 600 с.
3. Клеванский В.М. Лабораторные работы по курсу «Гидрогазодинамика» (работы 1 и 2). – Уфа, изд. Уфимского ордена Ленина авиационного института имени Серго Орджоникидзе, 1982. – 34 с.

**ОБ АВТОРАХ**

**Кишалов Александр Евгеньевич**, доц. каф.авиационной теплотехники и теплоэнергетики УГАТУ, дипл. инж. (УГАТУ, 2006). Канд. техн. наук по тепловым, электроракетным двигателям и энергоустановкам ЛА (УГАТУ, 2010) Исследования в области имитационного моделирования автоматики авиационных ГТД, трёхмерного численного моделирования процессов, происходящих в камерах сгорания авиационных ГТД.

e-mail: [kishalov@ufanet.ru](mailto:kishalov@ufanet.ru)



**Игнатьев Олег Игоревич** студент каф.авиационной теплотехники и теплоэнергетики УГАТУ. Исследование в области численного математического моделирования рабочих процессов, происходящих в элементах авиационных ГТД.

e-mail: [oleg.defg@yandex.ru](mailto:oleg.defg@yandex.ru)

УДК 620.9

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА  
ЭЛЕКТРОГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ**

**Ахметов Ю. М., Зангиров Э. И., Мухаметов М. В., Халиуллин И. Р., Хакимова Л. Ф.**

Одним из множества устройств, позволяющих реализовать процессы разложения воды для получения водорода, является электрогидродинамический преобразователь (ЭГДП) жидкости. Источником тепловой энергии в ЭГДП является электрическая дуга. Рабочая жидкость хранится в пористом наполнителе бака. Тепловая энергия от дуги передается через испаритель рабочей жидкости и испаряет её. Далее пар подается между электродами и проходит через электрическую дугу, при этом происходит диссоциация пара. Проходя через зону электрической дуги, пар смещает ее по внутренней поверхности сопла, вытягивая дугу наружу и замыкая ее на внешнюю кромку сопла. В выходном отверстии пар воздействует на дугу и центрирует ее, не позволяя дуге замкнуться на боковые стенки выходного отверстия. Истекающие газы, протекая через сопло, охлаждают его.

Исследования ЭГДП энергии носят преимущественно экспериментальный [1, 2] или теоретико-аналитический [3, 4] характер и не рассматривают взаимодействие рабочей жидкости с электрической дугой.

Математическая модель ЭГДП, которая позволит рассчитать характеристики устройства и оптимизировать в процессе отладки модели конструктивные и технические параметры.

- Уравнения Навье-Стокса.

Уравнение Навье-Стокса является основой гидромеханики и газодинамики. Оно служит для исследования движения вязких сжимаемых жидкостей и газов.

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \nabla(\vec{v} \otimes \vec{v}) = -\frac{\nabla p}{\rho} + \frac{1}{\rho} \nabla(\mu + \mu_t) \times (\nabla \vec{v} + (\nabla \vec{v})^T) + \left(1 + \frac{\rho_{hyd}}{\rho}\right) g, \quad (1)$$

$$\nabla \vec{v} = 0,$$

где  $V$  – вектор относительной скорости, м/с;  $p$  – относительное давление, Па;  $\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu$  – динамическая вязкость, кг/(м·с);  $\mu_t$  – турбулентная вязкость, кг/(м·с);  $T$  – температура, К;  $\rho_{hyd}$  – гидростатическая плотность кг/м<sup>3</sup>;  $g$  – вектор силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;

Оператор набла (оператор Гамильтона), векторный дифференциальный оператор, обозначаемый символом  $\nabla$  (набла). Для трёхмерного евклидова пространства в прямоугольных декартовых координатах оператор набла определяется следующим образом:

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial}{\partial z} \vec{k}, \quad (2)$$

- Уравнение энергии.

$$\frac{\partial(\rho h)}{\partial t} + \nabla(\rho \vec{v} h) = \nabla \left( \left( \frac{\lambda}{C_p} + \frac{\mu_t}{Pr_t} \right) \nabla h \right) + Q, \quad (3)$$

где  $h$  – высота столба жидкости, м;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);  $C_p$  – удельная теплоемкость, м<sup>2</sup>/(К·с<sup>2</sup>);  $Pr_t$  – турбулентное число Прандтля;  $Q$  – количество теплоты, Дж;

В настоящее время существует четыре основных вида модели турбулентности:

1. Алгебраическая модель (модель турбулентной вязкости  $\mu_t$ );
2. Однопараметрическая модель ( $k$ -модель турбулентности);
3. Двухпараметрическая модель ( $k$ - $\omega$ ,  $k$ - $\varepsilon$ ,  $k$ - $l$  модели);
4. *LES* модель больших вихрей (*Large Eddy Simulation*);

Каждая из этих моделей имеет свои специфические особенности, точность и область применения [5]. Существует большое количество разновидностей двухпараметрических моделей турбулентности подразделяемые на три подгруппы:  $k$ - $\omega$ ,  $k$ - $l$ ,  $k$ - $\varepsilon$ . Среди многообразия двухпараметрических моделей можно выделить наиболее универсальную  $k$ - $\varepsilon$  модель, показанную к применению в широком диапазоне чисел Рейнольдса [6]. В данной математической модели используется квазистационарная  $k$ - $\varepsilon$  модель турбулентности:

$$\frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_k k) = \frac{\partial}{\partial x_k} \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_k} \right) + \tau_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \rho \varepsilon, \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_k \varepsilon) = \frac{\partial}{\partial x_k} \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_k} \right) + C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} f_1 \tau_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - C_{\varepsilon 2} f_2 \frac{\rho \varepsilon^2}{k}, \quad (5)$$

где эмпирические функции:

$$f_1 = 1 + \left( \frac{0.05}{f_\mu} \right)^3, \quad (6)$$

$$f_\mu = (1 - e^{-0.025 R_y})^2 \cdot \left( 1 + \frac{20.5}{R_T} \right), \quad (7)$$

$$f_2 = 1 - e^{-R_T^2} \quad (8)$$

определяются параметрами течения:

$$R_T = \frac{\rho k^2}{\mu \varepsilon} \text{ – турбулентное число Рейнольдса, } R_y = \frac{\rho y \sqrt{k}}{\mu} \text{ – число Рейнольдса,}$$

$y$  – расстояние от стенки до ближайшего расчетного узла,  $\mu_t = f_\mu \frac{C_\mu \rho k^2}{\varepsilon}$  – турбулентная

вязкость,  $q_i = -\left(\frac{\mu}{Pr} + \frac{\mu_t}{Pr_t}\right) c_p \frac{\partial T}{\partial x_i}$  – диффузионные потери тепла.

Эмпирические константы модели турбулентности:

$$C_\mu = 0,009, C_{\varepsilon 1} = 1,44, C_{\varepsilon 2} = 1,92, \sigma_\varepsilon = 1,3, \sigma_k = 1.$$

$Pr_t = 0,9$  – турбулентное число Прандтля.

Модель турбулентности  $k$ - $\varepsilon$ , использующая уравнения переноса кинетической энергии турбулентности ( $k$ ) и скорости ее диссипации ( $\varepsilon$ ), применяется и дает неплохие результаты в большинстве расчетов [7].

- Уравнение турбулентной кинетической энергии  $k$ :

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \nabla(\rho \bar{v} k) = \nabla \cdot \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \nabla k \right) + \mu_t G - \rho \varepsilon. \quad (9)$$

Уравнение диссипации турбулентной кинетической энергии  $\varepsilon$ :

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \nabla(\rho \bar{v} \varepsilon) = \nabla \cdot \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \nabla \varepsilon \right) + \frac{\varepsilon}{k} \left( C_1 \mu_t G - C_2 f_1 \rho \frac{\varepsilon}{k} \right). \quad (10)$$

Эмпирические константы модели турбулентности указаны выше. Турбулентная вязкость в модели  $k$ - $\varepsilon$  рассчитывается через турбулентную кинетическую энергию  $k$  и скорости ее диссипации  $\varepsilon$ .

$$\mu_t = \frac{C_\mu \rho_\alpha k_\alpha^2}{\varepsilon_\alpha}. \quad (11)$$

- Уравнение состояния.

В общем виде уравнение состояния газа записывается следующим образом [6]:

$$Z_{сж} = \frac{pV}{RT} \quad (12)$$

где  $Z_{сж}$  – коэффициент сжимаемости;  $p$  – давление;  $V$  – удельный объем;  $R$  – газовая постоянная;  $T$  – температура.

Уравнение состояния Редлиха-Квонга – двухпараметрическое уравнение состояния реального газа, полученное О. Редлихом и Дж. Квонгом в 1949 году как улучшение уравнения Ван-дер-Ваальса. При этом Отто Редлих в своей статье 1975 года пишет, что уравнение не опирается на теоретические обоснования, а является, по сути, удачной эмпирической модификацией ранее известных уравнений.

Уравнение имеет вид:

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{T^{0.5}V(V+b)} \quad (13)$$

где  $P$  – давление, Па;  $T$  – абсолютная температура, К;  $V$  – мольный объем, м<sup>3</sup>/моль;  $R$  – универсальная газовая постоянная,  $R=8.31441 \pm 0.00026$  Дж/(моль·К),  $a$  и  $b$  – некоторые константы, зависящие от конкретного вещества.

Из условий термодинамической устойчивости в критической точке представляет интерес разрешение уравнения Редлиха-Квонга относительно коэффициента сжимаемости (13)

В этом случае имеем уравнение:

$$Z^6 - Z^2 + (A - B^2 + B) \cdot Z - AB = 0 \quad (14)$$

где  $A = \frac{aP}{R^2 T^{2.5}}, B = \frac{bP}{RT}$

Уравнение Редлиха-Квонга применимо, если выполняется условие:

$$\frac{P}{P_k} < 0,5 \frac{T}{T_k} \quad (15)$$

Исходя из условия применения уравнения Редлиха-Квонга:

$$\frac{p}{p_{кр}} < \frac{T}{2 \cdot T_{кр}}, \quad (16)$$

Определено, что данное уравнение справедливо для всего диапазона рассматриваемых параметров потока. Следовательно, для описания состояния газа в разрабатываемой математической модели принято уравнение Редлиха-Квонга.

- Уравнение межфазного массопереноса при парообразовании:

$$m = F_{vap} \cdot \frac{3 \cdot r_{\beta} \cdot \rho_{\beta}}{R_n} \sqrt{\frac{2 \cdot |p_{нп} - p|}{3 \cdot \rho_{\alpha}}} \quad (17)$$

где  $r$  – объемная концентрация центра зародышеобразования,  $R_n$  – радиус пузырька,  $F_{vap}$  – коэффициент парообразования,  $p_{нп}$  – давление насыщенных паров,  $p$  – относительное давление в потоке

Для двухфазного потока уравнение неразрывности имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial(r_{\alpha}\rho_{\alpha})}{\partial t} + \nabla \cdot (r_{\alpha}\rho_{\alpha}\vec{v}) &= -\Gamma_{\alpha\beta} \\ \frac{\partial(r_{\beta}\rho_{\beta})}{\partial t} + \nabla \cdot (r_{\beta}\rho_{\beta}\vec{v}) &= -\Gamma_{\beta\alpha} \end{aligned} \quad (18)$$

где  $r_{\alpha}$  – объемная доля жидкости;  $r_{\beta}$  – объемная доля пара;  $\rho_{\alpha}$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{\beta}$  – плотность пара, кг/м<sup>3</sup>;  $\Gamma$  – источник или сток массы, кг/с.

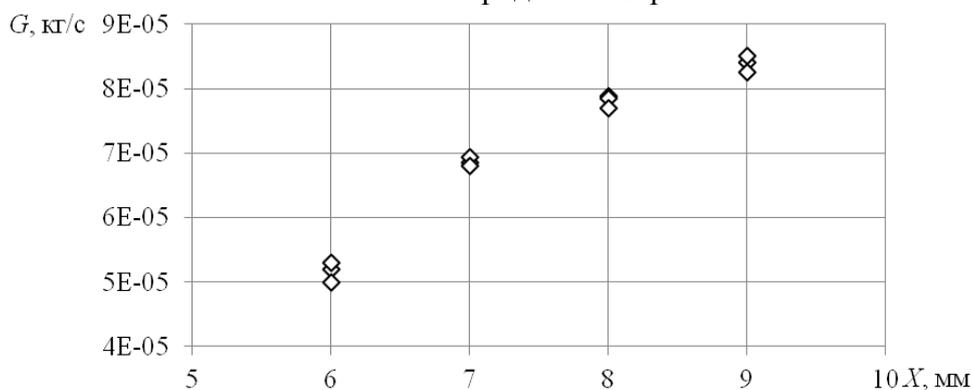
При этом для замыкания системы выдерживается соотношение, определяющее равенство массового расхода жидкой фазы через границу входа и паровой фазы через границу выхода.

$$r_{\alpha}\rho_{\alpha} - r_{\beta}\rho_{\beta} = 0 \quad (19)$$

Моделирование фазового перехода рабочей жидкости при прохождении канала ЭГДП проводится в пакете Star-CCM+. Область моделирования образована корпусом ЭГДП, коаксиальными электродами, резервуаром для хранения жидкости и срезом выходного сопла (рис.1).



**Рис. 1.** Твердотельная модель ЭГДП в разрезе и проточная часть устройства.  
X – межэлектродный зазор.



**Рис. 2.** График зависимости расхода рабочей жидкости от межэлектродного зазора.  
G – массовый расход, X – межэлектродный зазор

Значения массового расхода (рис.2) и температуры жидкости получены экспериментально [2].

При моделировании процесса течения жидкости в проточной части ЭГДП принимаются следующие допущения:

- в моделируемую область поступает жидкость (вода);
- массовый расход через границу входа постоянный;
- из сопла рабочая жидкость истекает в парообразном состоянии;
- взаимодействие рабочей жидкости и электрической дуги не рассматривается;
- энергия электрической дуги передается рабочей жидкости через поверхность электродов;
- отсутствует теплообмен с внешней средой через стенки корпуса;
- жидкость имеет постоянную плотность;
- пар истекает в область с давлением 101325 Па;
- массовая доля жидкость/пар на входе – 1/0, на выходе – 0/1.

Граничные условия входа в область:

- тип границы – "поток массы на входе";
- массовая доля жидкой фазы – 1.0;
- температура жидкости – 300 К;
- массовый расход  $-6,86 \cdot 10^{-5}$  кг/с;

Граничные условия выхода из области:

- тип границы – "Давление на выходе";
- массовая доля паровой фазы – 1.0;
- статическое давление – 101325 Па;

Результаты моделирования представлены в виде полей распределения параметров и в форме векторных полей. На рис. 3 представлено распределение давления потока в продольном сечении. Малый перепад давлений обусловлен малым массовым расходом.

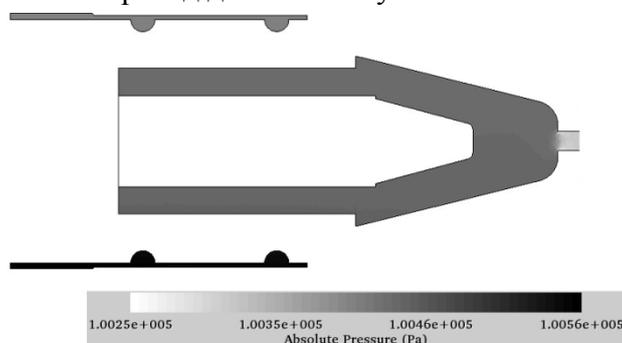


Рис. 3. Распределение давления в продольном сечении электрогидродинамического преобразователя

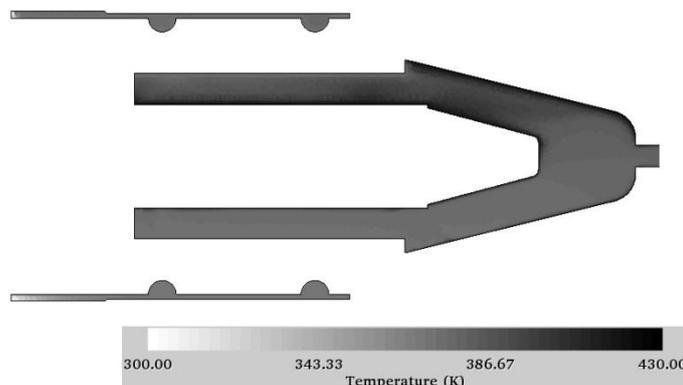


Рис. 4. Распределение температуры в продольном сечении электрогидродинамического преобразователя

Температура рабочей жидкости изменяется от 300 К до 423 К. Наибольшую температуру имеет область между коническим участком анода и соплом-катодом. Температура пара, истекающего через отверстие сопла 395 К.

Распределение плотности пара показывает наличие жидкой фазы в области между внутренней поверхностью испарителя и центральным электродом.

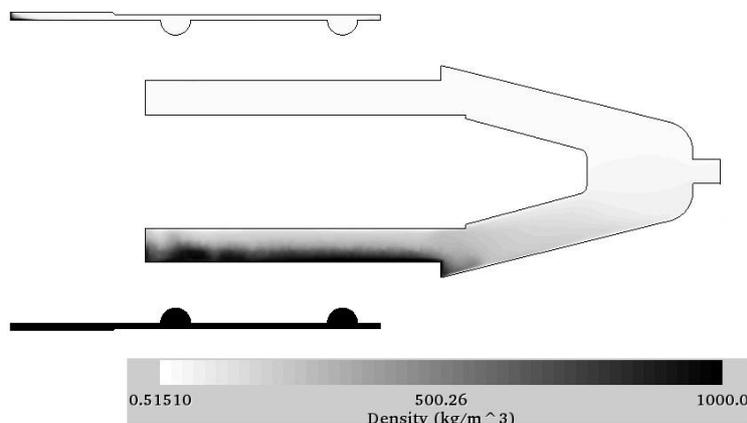


Рис. 5. Плотность рабочей жидкости

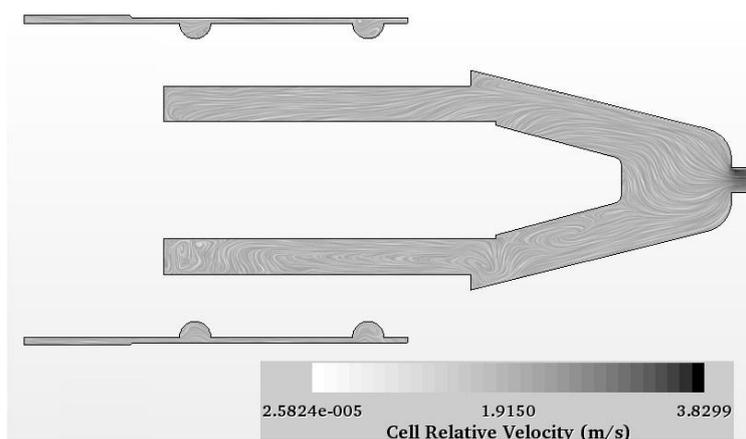


Рис. 6. Скорость течения рабочей жидкости

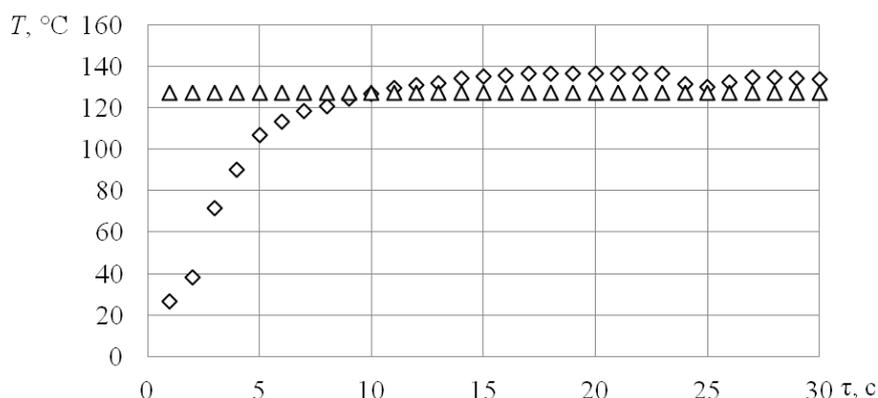


Рис. 7. Результаты измерения температуры: ◇ – Температура пара, истекающего из сопла после гашения электрической дуги. Δ – Температура истекающего пара по результатам численного моделирования. T – температура, τ – время.

Погрешность по температуре

$$\Delta = \frac{|T_{\text{экс}} - T_{\text{числ}}|}{T_{\text{экс}}} \quad (20)$$

Принимая экспериментальную температуру равной 400 К, получаем:

$$\Delta = \frac{|400 - 395|}{400} = 1,25\% \quad (21)$$

Погрешность по температуре составляет 1,25%.

По результатам экспериментальных исследований получена малая погрешность по температуре рабочей жидкости.

Численное моделирование многофазного течения с фазовым переходом с учетом непрерывного нагрева жидкости и пара по всему тракту устройства позволяет определить параметры течения рабочей жидкости в проточной части устройства до взаимодействия с электрической дугой. Обнаружены вихревые спиральные образования в области сужения потока в области конфузорного сужения проточного канала.

По результатам численного моделирования получены поля распределения параметров рабочей жидкости и установлено наличие жидкой фазы в области между испарителем и анодом. При увеличении расхода рабочей жидкости рекомендуется внести изменения в конструкцию: доработать внутреннюю поверхность испарителя, увеличив площадь теплообмена. Результаты физического эксперимента использовались как для задания граничных условий (массовый расход рабочей жидкости, температура элементов устройства, взаимодействующих с ней), так и для верификации результатов численного моделирования (давление в межэлектродной области и температура истекающего без прохождения через электрическую дугу пара). Проведенная верификация результатов численного и физического моделирования показала наличие погрешности по результатам измерений, составляющей 1,25 % по температуре.

Полученные результаты позволяют рекомендовать использование для разработки ЭГДП для практической реализации и использования в дальнейших исследованиях замкнутых циклов термохимического преобразования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мухаметов М.В., Свистунов А.В. Методика определения температурного поля электрогидравлического активатора жидкости. Сборник трудов Российской молодежной научной конференции «Мавлютовские чтения», Том 1/УГАТУ, – Уфа: УГАТУ, 2011г. – стр. 114-115.

2. Мухаметов М.В., Новиков М.В. Определение температурного поля истекающих газов и электрических характеристик электрогидродинамического преобразователя жидкости. Сборник научных трудов Седьмой Всероссийской зимней школы-семинара аспирантов и молодых ученых "Актуальные проблемы науки и техники", Том 2/УГАТУ, - Уфа: УГАТУ, 2012 г. - стр. 187-190.

3. Ахметов Ю.М., Глухов Е.А., Калимуллин Р.Р., Зангиров Э.И., Мухаметов М.В. Преобразование водородосодержащей рабочей жидкости по замкнутому циклу. Сборник "Наука-производству", выпуск №7, 2012 г. - стр. 191.

4. Ахметов Ю.М., Глухов Е.А., Зангиров Э.И., Мухаметов М.В., Хакимов Р.Ф. Передача энергии и изменение параметров рабочей жидкости в электрогидродинамическом преобразователе. Сборник "Наука-производству", выпуск №7, 2012 г. - стр. 161.

5. McDonough J. M. Introductory lectures on turbulence. Physics, Mathematics and Modeling, Departments of Mechanical Engineering and Mathematics University of Kentucky, 2004, 144p.

6. Вукалович М.П., Новиков И.И. Термодинамика, М.: Машиностроение, 1972, 672с.

7. Выбор модели турбулентности при расчете потерь давления в проточной части гтд с использованием программного комплекса ANSYS CFX, И. А. Кривошеев, А. Ю. Чечулин, Ю. А. Хохлова.

**ОБ АВТОРАХ**

**Ахметов Юрий Мавлютович**, доц. каф. прикл. гидромех., зам. ген. дир. НИИТ. Дипл. инж.-мех. по авиац. двиг. (УАИ, 1959). Канд. техн. наук по тепл. двиг. (МАИ, 1978). Иссл. в обл. газогидр. течений и систем упр. энерг. установок.



**Зангиров Эрнест Ирекович**, асп. каф. прикл. гидромех. УГАТУ, Дипл. бак. гидр., вакуумной и компресс. техники (УГАТУ, 2011), диплом магистра по энерг. машиностроению (УГАТУ, 2013). Иссл. в обл. газогидр. течений и систем упр. энерг. установок.



**Мухаметов Мансур Вазирович**, асп. каф. прикл. гидромех. УГАТУ, Дипл. бак. гидр., вакуумной и компресс. техники (УГАТУ, 2011), диплом магистра по энерг. машиностроению (УГАТУ, 2013). Иссл. в обл. многофазных течений.



**Хакимова Лия Фанилевна**, магистрант каф. прикл. гидромех. Дипл. бакал. вакуум. и компресс. техн. (УГАТУ 2011). Дипл. инж. гидр. маш. гидропр. и гидропневмоавт. (УГАТУ 2012). Иссл. в обл. вихр. эффекта.



**Халиуллин Ильшат Рустамович**, магистрант каф. прикл. гидромех. УГАТУ, Дипл. бак. техн. и технол. по энерг. машиностроению (УГАТУ, 2013). Иссл. в обл. газогидр. течений и систем упр. энерг. установок.

УДК 620.9

**СТРУКТУРНО-АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ СХЕМА РАСЧЕТА СИСТЕМЫ  
ВИХРЕВЫХ ТРУБ С КОМПОНЕНТНЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ ГАЗОВ****Хакимова Л.Ф., Хакимов Р.Ф., Бакиева А.Д., Мухаметов М.В.**

Система утилизации энергии давления транспортируемого природного газа на газораспределительных станциях позволяет получать электрическую энергию, хладоресурс и отводить сжиженные фракции тяжелых углеводородов. Высокое давление газа на входе в вихревую установку обеспечивает температуру ниже температуры, получаемой при проявлении дроссель-эффекта без специальных устройств и агрегатов.

Часть располагаемой энергии перепада давления сбрасывается (нужно по-русски) в вихревой трубе, где проходящий через неё газ разделяется на «горячий», насыщенный тяжелыми углеводородами, и «холодный» – практически осушенный газ, в котором при дальнейшем расширении не происходит выпадения гидратов. Оставшаяся энергия перепада давления «холодного» газа сбрасывается в турбодетандере с получением электрической энергии. Путем рекомбинации процессов теплообмена между «горячим» обогащенным и «холодным» сухим газом после вихревой трубы обеспечивается получение оптимальных режимов конденсации тяжелых углеводородов.

В статье [1, рис.6] приведена схема утилизации энергии давления природного газа, в которой одним из основных элементов является система вихревых труб, обеспечивающая разделение компонентов газа. Особенность этой схемы в том, что выходные параметры первой вихревой трубы являются входными параметрами для второй вихревой трубы. Также принимается то, что при стратификационном разделении «холодного» и «горячего» потоков происходит отделение тяжелых компонентов с «горячим» потоком под действием центробежных сил, отбрасывающих тяжелые компоненты на периферию. Коэффициенты массовой стратификации «холодного» и «горячего» потоков принимаются равными  $\frac{G_{\text{хол}}}{G_{\text{гор}}} = \frac{4}{1}$ .

Структурно-алгоритмическая схема расчета двухтрубной системы утилизации энергии давления природного газа может быть представлена следующим образом.

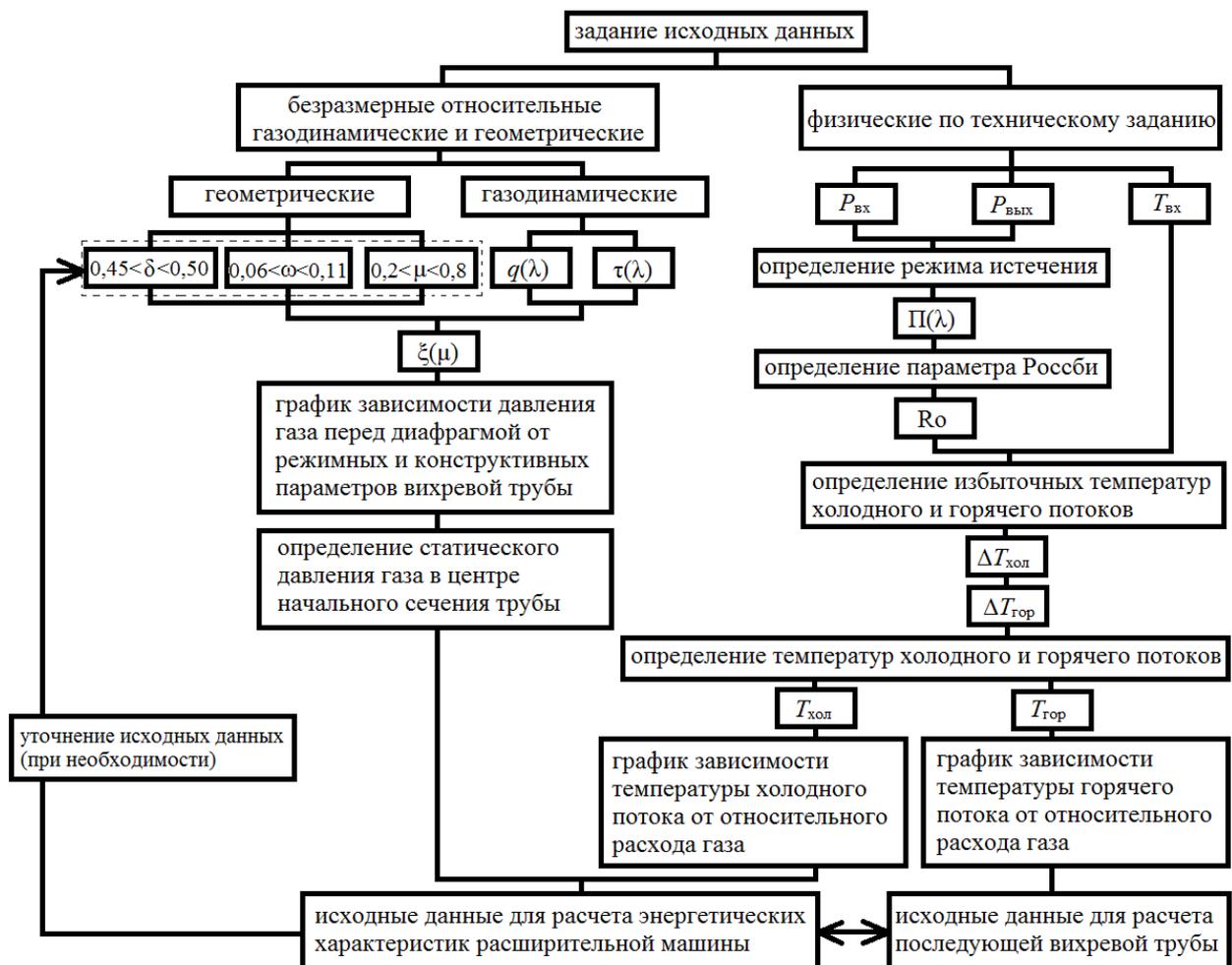


Рис. 1. Структурно-алгоритмическая схема расчета системы вихревых труб компонентного разделения газов

Представленная схема показывает последовательность проведения расчетных операций по определению параметров на выходе вихревых труб при поэлементной декомпозиции общей системы дросселирования природного газа.

В основу предлагаемой системы уравнений математической модели вихревой трубы положены теоретические исследования процессов течения газов в вихревых трубах, изложенные в [1,2,3].

Исходные данные:

Массовый расход газа через вихревую трубу (кг/с):	$G_{\text{вх}}$ ;
Относительный расход охлажденного осушенного потока:	$\mu_i = 0.2, 0.3 \dots 0.8$ ;
Давление газа на входе в вихревую трубу (Па):	$P_{\text{вх}}$ ;
Давление газа на выходе из вихревой трубы (Па):	$P_{\text{вых}}$ ;
Температура исходного потока (К):	$T_{\text{вх}}$ ;
Показатель адиабаты газа:	$k$ ;
Газовая постоянная (Дж/(кг·К)):	$R$ ;
Среднее значение дифференциального эффекта Джоуля-Томсона (К/Па)	$\beta$ .

Безразмерная площадь вводных сопел вихревой трубы принимается в пределах  $0,06 < \omega < 0,11$ .

В первом приближении режим истечения газа из вводных сопел принимается критическим  $\lambda = 1$  (т.к. степень расширения газа на первой и второй трубах составляет 2 и 3 соответственно).

Безразмерный диаметр отверстия диафрагмы принимается в пределах  $\delta_1 = 0,45 \dots 0,5$ .

Площадь вводного сопла ( $\text{м}^2$ ):

$$m = \sqrt{k \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}} \cdot \sqrt{\frac{1}{R}}} \quad (1)$$

$$F_{\Sigma} = \frac{G_{\text{вх}} \cdot \sqrt{T_{\text{вх}}}}{m \cdot P_{\text{вх}} \cdot q(\lambda)} \quad (2)$$

Высота сопла (м):

$$h = \sqrt{\frac{F_{\Sigma}}{2}} \quad (3)$$

Ширина сопла (м):

$$b = \frac{F_{\Sigma}}{h} \quad (4)$$

Диаметр начального сечения вихревой трубы (м):

$$D_0 = \sqrt{\frac{4F_{\Sigma}}{\pi \cdot \omega}} \quad (5)$$

Диаметр диафрагмы (м):

$$d_1 = \delta_1 \cdot D_0 \quad (6)$$

Длина трубы (м):

$$L = 10 \cdot D_0 \quad (7)$$

Газодинамические функции приведенных расхода и температуры:

$$q(\lambda) = \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{1}{k-1}} \cdot \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \cdot \lambda^2\right)^{\frac{1}{k-1}}, \quad (8)$$

$$\tau(\lambda) = 1 - \frac{k-1}{k+1} \cdot \lambda^2 \quad (9)$$

Величина комплекса:

$$\xi(\mu_1) = \frac{\mu_1 \cdot \omega \cdot P_{\text{вх}}}{\delta_1^2 \cdot P_{\text{вых}}} \cdot q(\lambda) \cdot \sqrt{\tau(\lambda)} \quad (10)$$

Статическое давление газа в центре начального сечения трубы (Па):

$$\xi = \sqrt{\frac{2}{k-1} \cdot \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{k+1}{k-1}} \cdot \left(\frac{P_{\text{вх}}}{P_{\text{вых}}}\right)^{\frac{k-1}{k}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}}\right)^{\frac{k-1}{k}}}} \quad (11)$$

Газодинамическая функция:

$$\Pi(\lambda) = \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}} \quad (12)$$

$$\Pi = \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}} \quad (13)$$

При  $\Pi(\lambda) > \Pi$  режим истечения критический.

Параметр Россби:

$$\text{Ro}(\mu_1) = \frac{\pi}{2} \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}} \cdot \frac{P_{\text{вх}} \cdot \omega}{P_{\text{вых}}(\mu_1)} \quad (14)$$

Избыточная температура «холодного» и «горячего» потоков (К):

$$\Delta T_{\text{хол}}(\mu_1) = 3,26 \cdot \frac{k-1}{k+1} \cdot T_{\text{вх}} \cdot \text{Ro}(\mu_1) \quad (15)$$

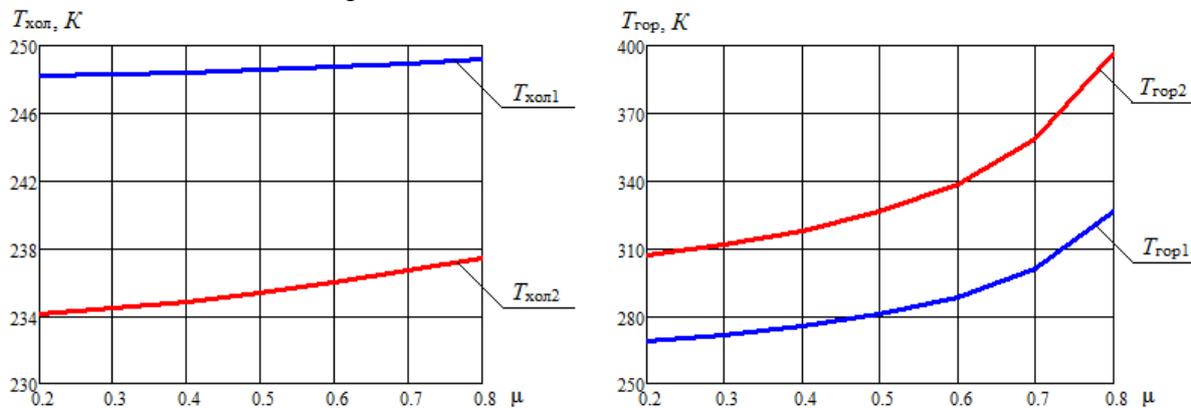
$$\Delta T_{\text{гор}} = \frac{\mu_1}{1-\mu_1} \cdot \Delta T_{\text{хол}}(\mu_1) \quad (16)$$

Температуры потоков (К):

$$T_{\text{хол}}(\mu_1) = T_{\text{вх}} - \Delta T_{\text{хол}}(\mu_1) - \beta \cdot (P_{\text{вх}} - P_{\text{вых}}) \quad (17)$$

$$T_{\text{гор}}(\mu_1) = T_{\text{вх}} + \Delta T_{\text{гор}}(\mu_1) - \beta \cdot (P_{\text{вх}} - P_{\text{вых}}) \quad (18)$$

Одна из зависимостей, полученная при решении данной математической модели характеризует влияние относительного расхода газа на температуры «холодного» и «горячего» потоков и позволяет определить температуру «горячего» потока при различных относительных расходах газа.



**Рис. 2.** График зависимости температур «холодного» и «горячего» потоков от относительного расхода газа

Параметры, полученные на выходе вихревой трубы в соответствии с данной методикой, являются входными для расчета энергетических характеристик

расширительной машины и второй вихревой трубы, которая позволяет увеличить концентрацию тяжелых углеводородов пропорционально коэффициенту массовой стратификации второй ступени.

При реализации данной схемы под действием центробежных сил тяжелые компоненты удаляются с «горячим» потоком, при этом их концентрация соответствующим образом возрастает в каждой вихревой трубе.

Разработанная структурно-алгоритмическая схема расчета системы вихревых труб с компонентным разделением газов позволяет получить геометрические, газодинамические и физические параметры, которые могут быть использованы при разработке твердотельных моделей для численного моделирования процессов параметрической и массовой стратификации двух компонентов газа в системе вихревых труб.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. - М.: Машиностроение, 1969. –183 с, ил.

2. Меркулов А.П. Исследование вихревой трубы. ЖТФ, 26, №6, 1271, 1956; Холодильная техника, №3, 1958.

3. Райский Ю.Д., Тункель Л.Е. Применение вихревых труб в схемах подготовки природного газа. - М.: Машиностроение, 1974. – 326 с, ил.

4. Ахметов Ю. М., Ахметшин Р. М., Бакиева А. Д., Загрутдинов Р. Г., Калимуллин Р. Р., Свистунов А. В., Хакимова Л. Ф. Диверсификация утилизации энергии давления природного газа УДК 621.6 Журнал «Молодежный Вестник УГАТУ» №1 (10). Январь, 2014 г. (138-145)

5. Ахметов Ю. М., Калимуллин Р. Р., Целищев В. А. Численное и физическое моделирование течения жидкости в вихревом теплогенераторе / «Вестник УГАТУ» Т.14, №4(39), 2010г.

Ахметов Ю. М., Пархимович А. Ю., Свистунов А. В. Численное моделирование процессов стратификации в изотермическом вихревом регуляторе с внутренним смещением / «Вестник УГАТУ» Т.10, №14(37), 2010.

### ОБ АВТОРАХ



**Хакимова Лия Фанилевна**, магистрант каф. прикл. гидромех., (УГАТУ 2012). Дипл. бакал. вакуум. и компресс. техн. (УГАТУ 2011). Дипл. инж. гидр. маш. гидропр. и гидропневмоавт. (УГАТУ 2012). Иссл. в обл. вихр. эффекта.

e-mail: [no\\_pump@bk.ru](mailto:no_pump@bk.ru)



**Хакимов Рустем Фанилевич**, аспирант каф. прикл. гидромех.. Дипл. магистра вакуум. и компресс.техн. (УГАТУ, 2011). Дипл. бакал. вакуум. и компресс. техн. (УГАТУ 2009). Иссл. в обл. высоконапор. многофаз. течения жидкости.

e-mail: [for-khakimov@mail.ru](mailto:for-khakimov@mail.ru)



**Бакиева Александра Дмитриевна**, магистрант каф. прикл. гидромех., (УГАТУ 2012). Дипл. бакал. вакуум. и компресс. техн. (УГАТУ 2012). Иссл. в обл. вихр. эффекта.

e-mail: [bakiyeva-a-d@mail.ru](mailto:bakiyeva-a-d@mail.ru)



**Мухаметов Мансур Вазирович**, асп. каф. прикл. гидромех. УГАТУ, Дипл. бак. гидр., вакуумной и компресс. техники (УГАТУ, 2011), диплом магистра по энерг. машиностроению (УГАТУ, 2013). Иссл. в обл. многофазных течений.

e-mail: [mn5r@yandex.ru](mailto:mn5r@yandex.ru)

УДК 66.974.434

## **КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД УТИЛИЗАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД ЭЛЕКТРООБЕССОЛИВАЮЩИХ УСТАНОВОК И ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ**

**Афанасьев К. Ю.**

Природные водоемы представляют собой сложные экологические системы существования биоценоза, которые создавались в течение долгих лет эволюции. При этом водоемы выполняют не только роль сборников, в которых вода усредняется по качеству, но и являются средой, в которой непрерывно протекают процессы изменения состава примесей. Постоянный процесс приближения состава примесей к равновесию, может быть нарушено в результате многих причин, но особенно в результате сброса сточных вод [1].

Наиболее неблагоприятными стоками в нефтегазовой отрасли являются сточные воды, электрообессоливающих установок (ЭЛОУ), используемых на месторождениях для первичной подготовки нефти. Очистка этих стоков до параметров, предусмотренных действующими в настоящее время нормативными требованиями, традиционными способами ведет к использованию крупномасштабных физико-химических и биолого-химических очистных сооружений, которые сложно применить в условиях эксплуатации малых и средних месторождений, не обладающих развитой инфраструктурой. Это создает предпосылки для поиска более компактных автономных и эффективных методов очистки сточных вод.

В целях защиты окружающей среды работа ЭЛОУ должна быть организована так, чтобы образующиеся отходы превращались в новые продукты, а не складировались или закачивались в пласт. Охрана природы требует, чтобы производство совершенствовалось, а отходы утилизировались; все процессы создавались на основе малоотходной и безотходной технологии. Применение малоотходной и безотходной технологии позволит не только решить экологическую проблему, но одновременно обеспечит высокую экономическую эффективность производства [2].

Рассматривая проблемы энергоресурсосбережения и экологии в едином ракурсе, выходом из этого положения может быть разработка и оптимизация новых схем обессоливания, которые позволят не только очистить стоки, но и получить вторичный

материальный ресурс. При этом должны быть максимально использованы вторичные энергоресурсы, водные ресурсы и территория месторождения.

Целью работы является разработка схемы утилизации стоков ЭЛОУ, которая позволит получить максимальную концентрацию солей, а также алгоритм использования схемы в условиях нефтяного месторождения.

В состав сточных вод ЭЛОУ входит эмульгированная нефть и большое количество растворенных солей (по преимуществу хлористый натрий). Содержание нефти в этих стоках сильно колеблется и достигает до 30–40 г/л, что связано с негерметичностью технологического оборудования и недостаточно квалифицированной эксплуатацией технологических установок. Содержание хлоридов составляет 10–15 г/л. Высокий солевой состав этих вод не позволяет их вторичное использование [3].

Если избавление от эмульгированной нефти путем механического и физико-химического методов не представляет труда, то снижение концентрации истинно-растворенных примесей должно сводиться к биолого-химическим методам с последующей доочисткой, что приводит к резкому увеличению затрат и времени на очистку, а также площади очистных сооружений.

Стоит отметить, что получение обессоленных вод может осуществляться на основе любых известных методов деминерализации: физико-химических (электродиализ, обратный осмос, ионный обмен и др.), холодильных (вымораживание на теплопередающей поверхности, под вакуумом, контактное вторичными хладагентами, кристаллогидратный) и дистилляционных.

В настоящее время наиболее распространенным способом на большинстве предприятий является применение метода ионного обмена, когда выделение солей происходит в специальных ионообменных фильтрах из поверхностных вод, затрачивая при этом большие количества дорогостоящих ионообменных смол и реагентов.

Из проведенного анализа стало ясно, что при обессоливании сточных вод, в которых содержание анионов сильных кислот превышает 5 мг экв/кг, термическое обессоливание экономически выгоднее химического [4]. Зависимость можно увидеть на рисунке 1.

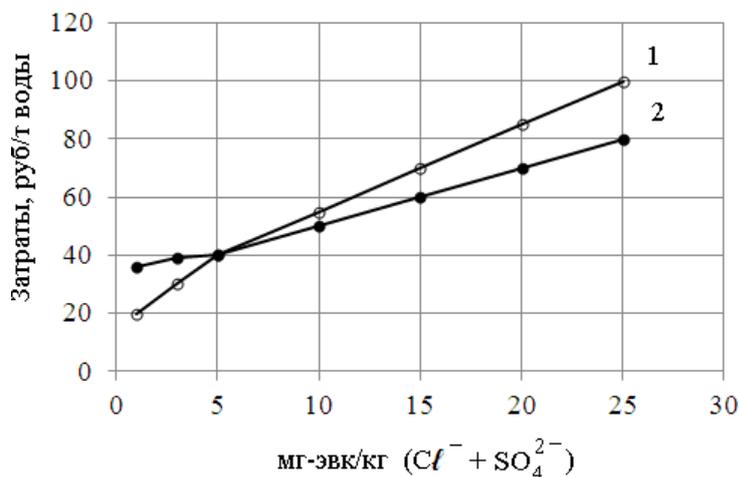


Рис.1. Сравнение затрат на химическое(1) и термическое (2) обессоливание

Дополнительным плюсом к применению термического обессоливания по средствам использования выпарных аппаратов является возможность утилизации в них попутного нефтяного газа (ПНГ). Этот факт является весомым в силу вступления в силу ужесточающих мер согласно постановлению правительства «О мерах по стимулированию сокращения загрязнения атмосферного воздуха продуктами сжигания попутного нефтяного газа на факельных установках» [5].

Документ устанавливает серьезное ужесточение мер по сжиганию ПНГ на факельных установках в размере не более 5 процентов от добытого объема и штрафные санкции за сверхлимитные объемы его сжигания [6].

Процесс выпаривания может применяться для достижения различных целей – опреснение воды, разделение смесей, концентрирование растворов и т. д. Отсюда наличие большого числа различных типов и модификаций выпарных установок. Классификация современных испарительных установок может быть проведена по следующим основным признакам:

1. принципу действия;
2. гидродинамике режима;
3. способу использования теплоты вторичного пара;
4. роду теплоносителей, обогревающих поверхности;
5. конструктивному исполнению;
6. по способу организации движения раствора.

В целях рационального использования теплоэнергетических ресурсов при термической обработке жидкостей чрезвычайно важно знать области применения теплоиспользующих установок, в которых процесс выпаривания растворов становится эффективным и экономичным.

Наиболее подходящие для выпаривания сточных вод испарительные установки условно можно разделить на установки, в которых раствор контактирует с поверхностью нагрева и установки, в которых раствор не контактирует с поверхностью нагрева. В установках первого типа образуются отложения солей с соответствующим снижением плотности теплового потока и производительности установок. При этом неизбежны периодические остановки на чистку поверхности нагрева, снижающие технико-экономические показатели и усложняющие эксплуатацию установок. Степень концентрирования раствора в них существенно ограничена из-за резкого увеличения отложений с ростом концентрации раствора [7].

Одним из путей уменьшения отложений солей на поверхностях нагрева установок концентрирования минерализованных вод является использование контактных аппаратов [8].

Из графика на рисунке 2 видно, что выбор того или иного выпарного аппарата зависит от той концентрации раствора, которую мы хотим получить и от конечного содержания воды в растворе. Соответственно, эффективно и экономично получить высококонцентрированный насыщенный продукт можно лишь в аппарате погружного горения с последующей сушкой, также стоит отметить эффективность применения установок мгновенного испарения для концентрирования раствора до 10-15%, учитывая, что работать они могут на низкотемпературных вторичных энергоресурсах.

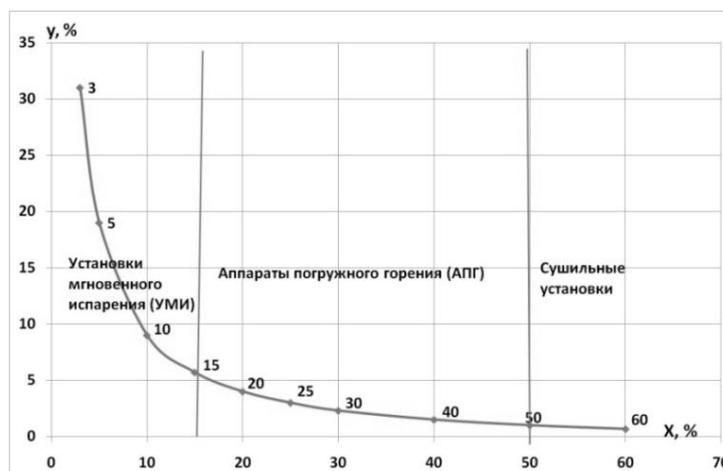


Рис. 2. График определения областей использования выпарных установок

В этих аппаратах создаются хорошие условия теплообмена между нагретыми газами и жидкостью, так как при барботаже нагретые газы распыляются в виде пузырьков и образуют большую межфазную поверхность. Интенсивное перемешивание раствора ускоряет процесс нагрева.

В ходе работы были разработаны и проанализированы несколько схем для упаривания сточных вод электрообессоливающих установок.

В ходе работы были проанализированы три схемы для упаривания сточных вод электрообессоливающих установок.

Рассмотренные схемы представлены на рисунках 3 – 5.

Недостатком первой схемы является ее замкнутость, т.е. происходит постоянное неравномерное изменение содержания солей без вывода очищенной воды. Также отсутствует сушильная установка. Соответственно отсутствует возможность получения очищенной воды и конечного высококонцентрированного хлорида натрия [8].

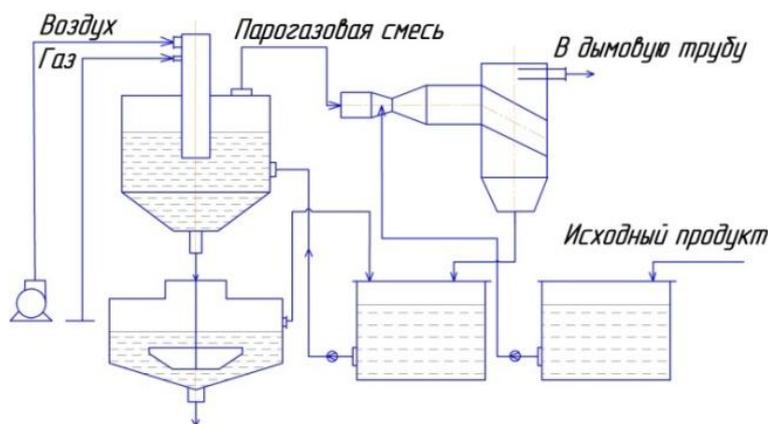


Рис. 3. Схема № 1

Во второй схеме был устранен недостаток предыдущей, и теплота уходящей парогазовой смеси используется для нагрева воды в системе ГВС, а соль направляется в сушильную установку. При этом недостатком первых двух схем является большой расход газа в АПГ [8].

Отличительной особенностью третьей схемы является использование на первой степени упаривания аппарата мгновенного вскипания. Как видно из графика (рисунок 2) экономично упаривать в опреснительной установке возможно до концентрации 10-15%, соответственно расход природного газа на АПГ снижается в 2,5-3 раза даже при концентрировании до 5%.

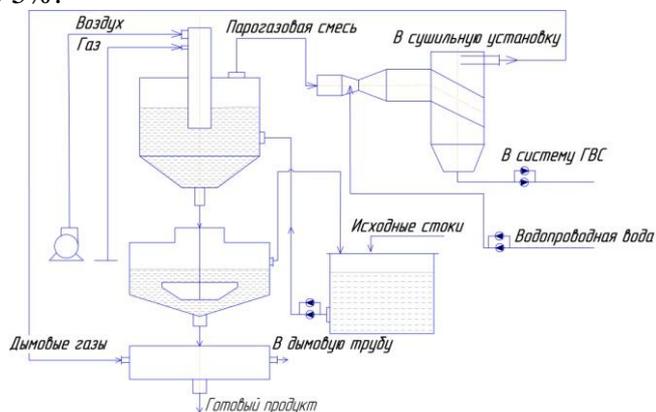


Рис. 4. Схема № 2

Выбор системы газоочистки производился с целью достижения наиболее интенсивного тепло- и массообмена для утилизации теплоты парогазовой смеси, эффективного пылеулавливания, а также малой металлоемкости, в результате чего были

рассмотрены различные виды скрубберов и конденсаторов и выбран скоростной газопромыватель, состоящий из скруббера Вентури и циклона-каплеуловителя.

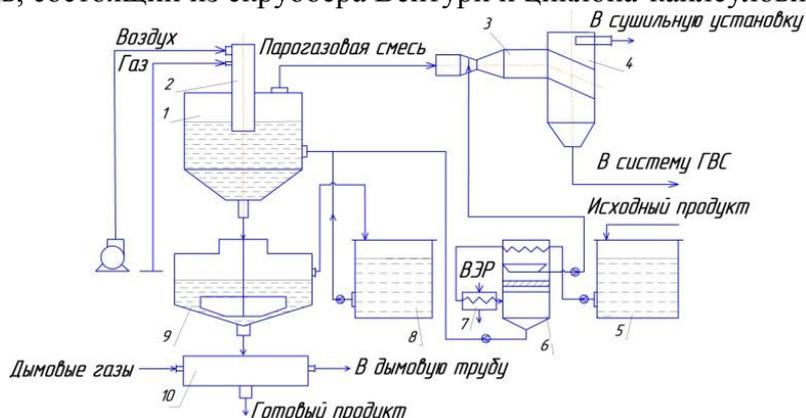


Рис. 5. Схема № 3

Среднее солесодержание исходных стоков после механической очистки от нефти составляло  $15 \text{ кг/м}^3$ , в том числе  $14,7 \text{ кг/м}^3$  хлористого натрия и  $0,3 \text{ кг/м}^3$  остальные примеси  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Количество анионов сильных кислот превышает  $40 \text{ мг экв/кг}$ . После многоступенчатого выпаривания и сушки должен образоваться 97-98% хлорид натрия [9]. Такая соль соответствует требованиям производства хлора и других продуктов химической промышленности.

В третьей схеме подлежащие выпариванию стоки из сборника насосом подают в аппарат мгновенного вскипания, который работает за счет ранее не используемых вторичных энергоресурсов (ВЭР), далее раствор с повышенной концентрацией поступает в АПГ с газовой погружной горелкой. В скруббер Вентури на промывку и охлаждение уходящей из аппарата парагазовой смеси подается сконденсированная вода из аппарата мгновенного вскипания, которая циркулирует с помощью насоса. Отделение стоков от парагазовой смеси происходит в циклоне. Нагретая до  $70^\circ$  вода вместе с конденсатом из циклона подается в систему ГВС. Частично охлажденные дымовые газы идут в сушильную установку, после чего выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу. Упаренный раствор подается из АПГ в отстойник, снабженный механической мешалкой. Осветленный маточный раствор из верхней части отстойника переливается в сборник и снова поступает на выпаривание, а образовавшийся на дне упаренный хлорид натрия периодически выводится через нижний патрубок в сушильную установку, использующую в качестве теплоносителя уходящие газы АПГ.

Разработанная схема упаривания стоков ЭЛОУ позволит организовать на нефтяном месторождении комплексную систему по утилизации попутного нефтяного газа и сточных вод ЭЛОУ, а также получению порошкообразного хлорида натрия и очищенной горячей воды.

Алгоритм использования полученных продуктов представлен на рисунке 6.



Рис. 6. Алгоритм применения предложенного метода

Из рисунка 6 видно, что внедрение разрабатываемого комплексного метода позволит помочь в решении смежных проблем нефтяной отрасли в областях бурения скважин, добычи и хозяйственных нужд, а именно:

- из концентрированного хлорида натрия наиболее простым промышленным методом в условиях месторождения возможно получение собственной соляной кислоты, которая найдет применение при кислотной обработке скважин для повышения проницаемости пластов;
- при бурении новых скважин хлорид натрия необходим в качестве добавки в проталкивающую жидкость и тампонажный раствор для снижения схватывания;
- получение дополнительного источника горячей воды для отопления и ГВС объектов месторождения.

Таким образом, использование третьей схемы уместно для утилизации стоков ЭЛОУ и попутного нефтяного газа на месторождениях и позволит получить дополнительные ресурсы для смежных областей нефтедобычи.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов тепловых электростанций / Л. А. Рихтер, Э. П. Волков, В. Н. Покровский. — М.: Энергоиздат, 1981. — 295 с.
2. Защита биосферы от промышленных выбросов: учебное пособие / Родионов А. И., Кузнецов Ю. П., Соловьев Г. С. — М.: КолосС: Химия, 2005. — 387 с.
3. Методические указания по санитарной охране водоемов от загрязнения нефтью № 141776.
4. Вихрев В. Ф. Водоподготовка / В. Ф. Вихрев, М. С. Шкроб. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергия, 1973. — 416 с.
5. Афанасьев К. Ю., Чухарева Н. В. Использование контактного выпарного аппарата для концентрирования стоков электрообессоливающих установок // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельный выпуск № 3 Горное машиностроение. 2012, С. 426 – 430.
6. Постановление правительства РФ от 08.01.2009 «О мерах по стимулированию сокращения загрязнения атмосферного воздуха продуктами сжигания попутного нефтяного газа на факельных установках».
7. Таубман Е. И. Термическое обезвреживание минерализованных промышленных сточных вод. — Л.: Химия, 1975. — 208 с.
8. Афанасьев К.Ю. Вариант термического обезвреживания сточных вод энергетических предприятий // Наука и инновации в технических университетах: Материалы VI Всероссийский форум студентов, аспирантов и молодых ученых. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. С. 120 – 121.
9. Аппараты погружного горения: учебное пособие для вузов / Алабовский А. Н., Удыма П. Г. М.: Изд-во МЭИ, 1994. — 255 с.

### ОБ АВТОРАХ



**Афанасьев К. Ю.**, аспирант каф. Теоретической и промышленной теплотехники НИ ТПУ, дипл. инж. по промышленной теплоэнергетике (НИ ТПУ, 2012), магистр техники и технологии по направлению «Нефтегазовое дело» (НИ ТПУ 2013). Исследования в области энергоресурсосберегающих технологий для предприятий топливно-энергетического комплекса.

e-mail: [afalina1@sibmail.com](mailto:afalina1@sibmail.com)

УДК 621.1

## ВЫБОР ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК НА ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЯХ

Афанасьев К. Ю.

Одним из главных направлений научно-технического прогресса стоит считать создание эффективной, надежной и безопасной техники.

В нефтегазовом комплексе одним из основных направлений по достижению поставленной задачи стоит считать расширение области применения современных газотурбинных агрегатов и развитие газотурбинных технологий по примеру ряда зарубежных стран.

В последние годы газотурбинные установки (ГТУ) приобретают все большее развитие в различных отраслях промышленных предприятий. Повышенное внимание к газотурбинным установкам в первую очередь может быть объяснено рядом преимуществ ГТУ перед их основными конкурентами. К наиболее важным достоинствам ГТУ можно отнести высокую экономичность, большие мощности при малых габаритных размерах и удельном весе, возможность использования автоматизированного управления, высокая надежность, возможность агрегатного ремонта, а также простота конструкции и обслуживания.

Эффективность и экономичность использования газотурбинных установок на компрессорных станциях газопроводов, благодаря высокой энергоемкости, компактности и автономности уже давно доказаны на примере большинства газотранспортных компаний. На сегодняшний день количество газоперекачивающих агрегатов с приводом на основе ГТУ достигло по суммарной мощности уже более 80 % от общей установленной мощности [4]. При этом стоит отметить, что на привод газоперекачивающих агрегатов (ГПА) расходуется около 30 % от перекачиваемого объема природного газа. Таким образом, одним из приоритетных направлений развития газотранспортных компаний является внедрение доступных и эффективных методов повышения КПД газотурбинных установок компрессорных станций. Также, учитывая необходимость применения надежных автономных источников энергии при разработке и эксплуатации нефтяных, газоконденсатных и газовых месторождений, транспорте нефти, эффективное использование ГТУ может быть выгодно во многих отраслях нефтегазового комплекса.

Как известно, основными методами повышения эффективности ГТУ являются повышение КПД, а также улучшение экологичности (уменьшение количества вредных выбросов в атмосферу).

Разработки по повышению эффективности ГТУ можно разделить на три направления:

- рекуперация тепла уходящих газов, с его повторным использованием;
- модернизация термодинамических циклов в самой установке;
- внедрение современных конструктивных решений по созданию тепловых двигателей.

Первое направление включает в себя утилизацию тепловой энергии для повышения эффективности самой газотурбинной установки или для вспомогательных нужд (подогрев сетевой воды, отопление, ГВС и т. д.).

Второе направление предусматривает улучшение термодинамических характеристик ГТУ за счет:

- использование теплоты уходящих газов для подогрева сжатого воздуха перед входом в камеру сгорания;
- промежуточное охлаждение воздуха при ступенчатом сжатии;

- промежуточный подвод теплоты при ступенчатом расширении;
- использование частично замкнутого циркуляционного контура [9].  
Третье направление предполагает развитие таких технологий как:
- создание сложных и многовальных установок, которые имеют большую эффективность и экономичность при работе на частичных нагрузках;
- разработка комбинированных установок, работающих по парогазовому циклу или с поршневыми камерами сгорания;
- повышение температуры перед турбиной до 2000 К [1];
- разработка контактных газо-паротурбинных установок схемы «Водолей»;
- приближение процесса горения в проточном тракте турбины к изотермическому за счет создания установок без камер сгорания [3].

В результате литературного обзора [2,4,5,6] можно сформировать основные параметры, которыми должна обладать современная газотурбинная установка.

1. КПД в условиях компрессорной станции:

- 1.1. простой цикл — 35-40 %;
- 1.2. с регенерацией — 36-42 %;
- 1.3. сложный — 41-45 %;
- 1.4. газопаровой — 40-45 %.

2. Срок службы 120 – 150 тыс. часов.

3. Ресурс работы до капитального ремонта 40-50 тыс. часов.

4. Малый ремонт 20-25 тыс. часов.

5. Сжигание топливного газа с эмиссией  $N_{ox}$  не более 50 мг/м<sup>3</sup>.

6. Модульность конструкции.

7. Возможность ремонта в условиях КС.

8. Простота и удобство технического использования и технического обслуживания.

9. Невысокая стоимость ГТУ.

При этом, стоит отметить, что в работах многих авторов [7, 8, 10] даются данные о сложности и перспективности того или иного метода повышения эффективности ГТУ, однако речь чаще всего идет лишь о конечных цифрах увеличения КПД, а получить промежуточные результаты расчетов, влияющие на конечный результат не представляется возможным. Также, как уже говорилось, эффект от введения того или иного метода повышения КПД ГТУ зависит от ее класса мощности, и выявление зависимостей для конкретного примера ГПА-16М-10, который эксплуатируется на компрессорной станции острова Сахалин, будет иметь высокое прикладное значение.

В ходе работы были рассмотрены схемы ГТУ, начиная от простой и заканчивая схемами с промежуточными подводами теплоты, промежуточными охлаждениями между ступенями компрессора, рекуперацией и т.д., а также проанализировано влияние повышения температуры перед турбиной, изменения температуры воздуха перед компрессором и введения воздушного охлаждения.

Далее приведем в графическом виде результаты относительных изменений основных показателей рассчитанных схем ГТУ на рисунках 1-5.

Исходя из представленных диаграмм видно, что схема с регенерацией имеет наибольший КПД за счет минимальной работы компрессора, при этом максимальный коэффициент полезной работы достигается в схеме с промежуточным подводом теплоты и промежуточным охлаждением.

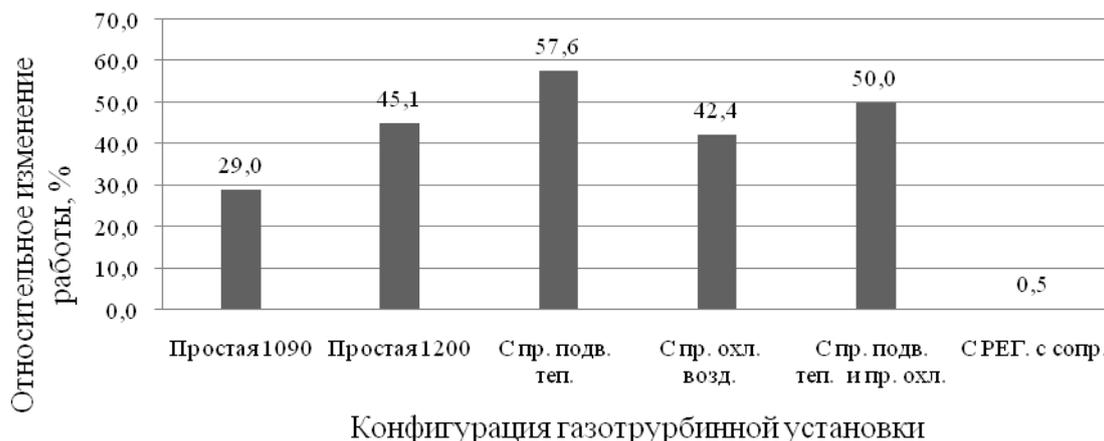


Рис. 1. Зависимость работы на валу агрегата от конфигурации газотурбинной установки

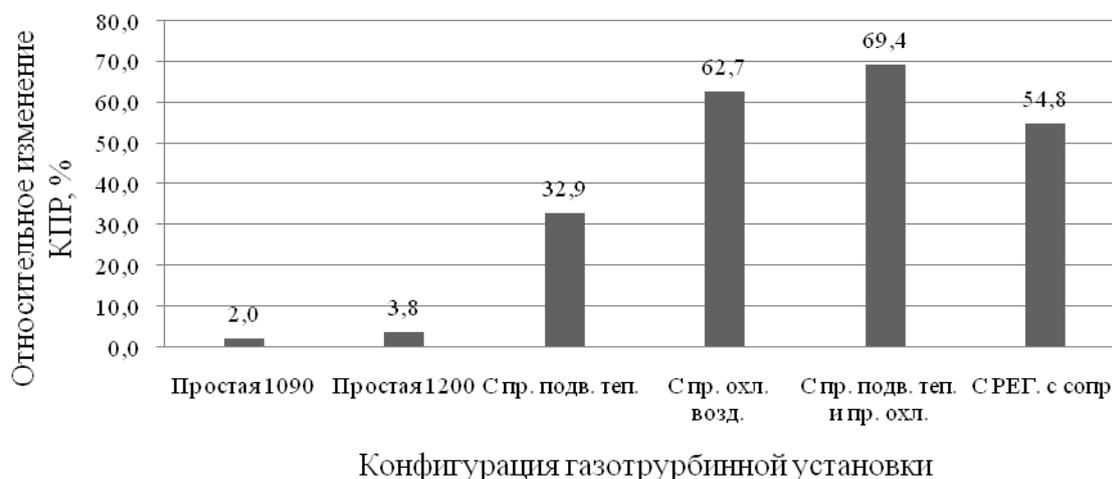


Рис. 2. Зависимость коэффициента полезной работы от конфигурации газотурбинной установки

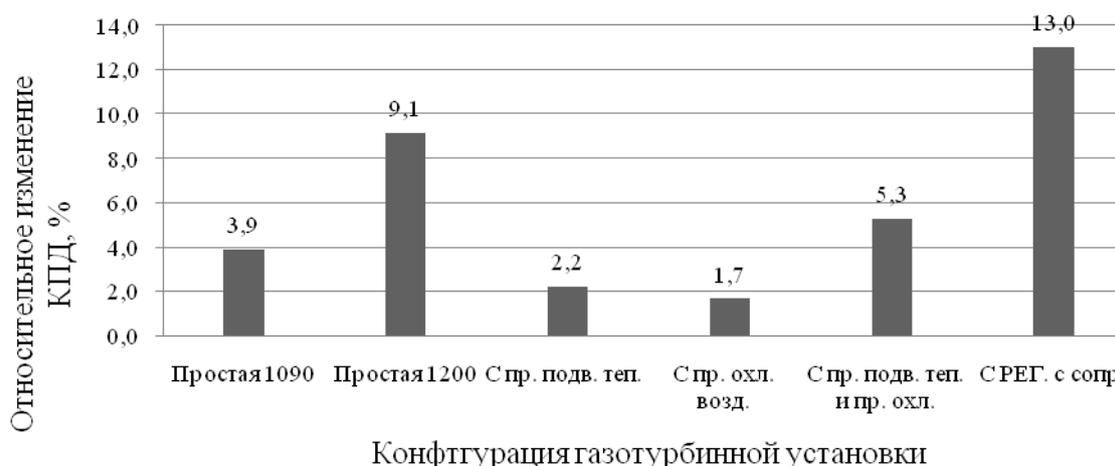


Рис. 3. Зависимость КПД от конфигурации газотурбинной установки

Также было получено, что во всех рассмотренных схемах температура газов на выходе из турбины превышает  $360^{\circ}\text{C}$ , что дает возможность использования теплоты уходящих газов для производства дополнительной тепловой энергии для отопления и ГВС.

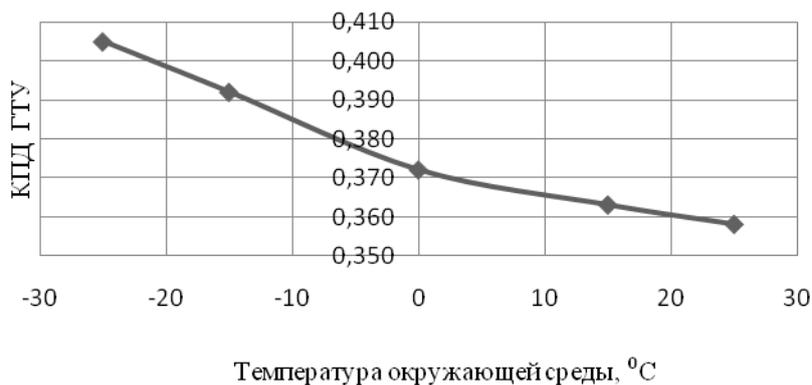


Рис. 4. График зависимости КПД ГТУ от температуры окружающей среды

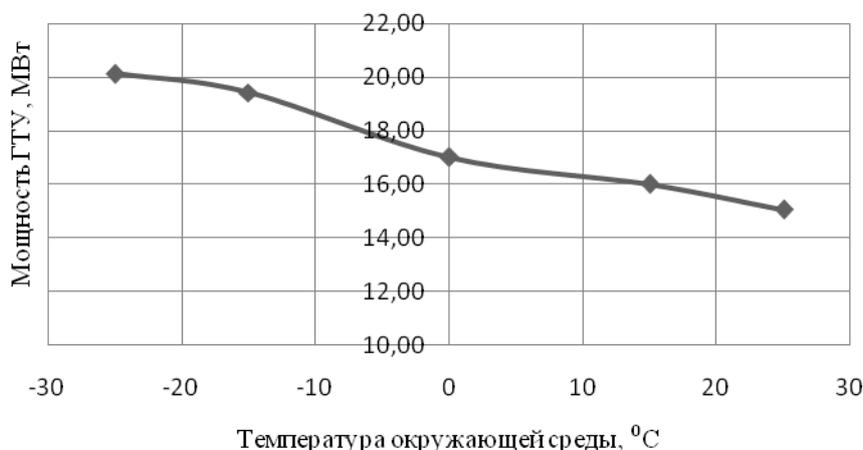


Рис. 5. График зависимости мощности ГТУ от температуры окружающей среды

По результатам представленных графиков можно сделать следующие выводы:

- Увеличение температуры позволяет увеличить работу расширения 1 кг газа в турбине и увеличить работу ГТУ на валу агрегата, что позволит получить большую эффективную мощность.
- Рост температуры на входе в турбину позволяет снизить расход газа через турбину, расход воздуха, подаваемого компрессором и расход топлива, что приведет к уменьшению экономических затрат и повышению КПД на 3 %.
- Используя промежуточный подвод теплоты, мы получаем более высокую работу расширения 1 кг газа в турбине и более высокую работу газа на валу агрегата и следовательно большую мощность. Однако, прирост КПД менее 1 %.
- Промежуточное охлаждение воздуха позволяет незначительно увеличить работу расширения 1 кг газа в турбине и увеличить работу ГТУ на валу агрегата, а также снизить расход газа через турбину, расход воздуха, подаваемого компрессором, что приведет к уменьшению экономических затрат. Коэффициент полезного действия увеличился также менее чем на 1 %.
- Комплексное применение промежуточного подвода теплоты и промежуточного охлаждения воздуха наряду с преимуществами каждого из вариантов является наиболее капиталоемким методом. Рост КПД составил около 2 %.
- Использование рекуператора позволяет существенно увеличить температуру газов на выходе из турбины, их тепловой потенциал, а также снизить работу сжатия одного килограмма воздуха в компрессоре, что приводит к увеличению КПД ГТУ на 3-4 %.

- При воздушном охлаждении простой ГТУ при расходе воздуха на охлаждение 0,106 кг/кг, происходит снижение электрического КПД на 6 % и увеличивается расход топлива в камеру сгорания на 3 %.

- При уменьшении температуры наружного воздуха происходит увеличение мощности ГТУ, что является следствием повышения работы расширения рабочего тела в газовой турбине, при повышении расхода воздуха сжимаемого компрессором. КПД ГТУ, коэффициент полезной мощности повышаются, а удельные расходы топлива и воздуха снижаются в связи с уменьшением работы, затрачиваемой на сжатие воздуха в компрессоре, однако массовые расходы воздуха и топлива возрастают.

Таким образом, применение рекуператора позволяет достичь максимальный КПД за счет минимальной работы компрессора, в то время как коэффициент полезной работы имеет более высокое значение в схеме с промежуточным подводом теплоты и промежуточным охлаждением.

Анализируя целесообразность применения того или иного решения на компрессорной станции о. Сахалин, наиболее эффективным и компактным методом будет внедрение рекуперации тепла уходящих газов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fukaizumi J. The future of gas turbine // Power Engng Intern. Mag. 2005. Vol. 13. № 5. P. 683-691.
2. John H. Lewis, William H. Day, "Gas turbine", in AccessScience, ©McGraw-Hill Companies, 2008, URL: <http://www.accessscience.com> (дата обращения 01.04.2013).
3. Scholberty M. Breakthrough in gas turbine efficiency // Turbomachine Intern. 2005. Vol. 46. № 1. P. 23-29.
4. Газотурбинные установки для транспорта природного газа: учебное пособие / А. В. Рудаченко, Н. В. Чухарева; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — [2-е изд., перераб.]. — Томск : Изд-во ТПУ, 2012. — 212 с.
5. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учебное пособие для вузов / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. Н. Ремезов ; под ред. С. В. Цанева. — М.: Изд-во МЭИ, 2002. — 579 с.
6. Микаэлян Э. Газотурбинные технологии в нефтегазовом комплексе. Бурение и нефть. 2/2004. С 28 – 29.
7. Обзор перспективы развития рынка ГТУ для газоперекачки //Аэронавтика и космос, 19-25 января, 2004. С. 64-67.
8. Романов В.И., Кучеренко О.С. Газотурбинный двигатель для газовой промышленности. Территория Нефтегаз №8 август 2007. С 92 – 95
9. Ходус В.В. Высокоэффективный регенеративный цикл ГТУ с рециркуляцией продуктов сгорания при высоком давлении // Теплоэнергетика. 2010. № 2. С. 7 – 11.
10. Щуровский В.А. Основные направления развития газоперекачивающей техники. Газотурбинные технологии №6, 2007, С 38 – 39.

### ОБ АВТОРАХ



**Афанасьев К. Ю.**, аспирант каф. Теоретической и промышленной теплотехники НИ ТПУ, дипл. инж. по промышленной теплоэнергетике (НИ ТПУ, 2012), магистр техники и технологии по направлению «Нефтегазовое дело» (НИ ТПУ 2013). Исследования в области энергоресурсосберегающих технологий для предприятий топливно-энергетического комплекса.

e-mail: [afalinal@sibmail.com](mailto:afalinal@sibmail.com)

УДК 621.45.03

## АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК АВИАЦИОННЫХ ГТД V ПОКОЛЕНИЯ

Кишалов А. Е., Самигуллин А. А.

### Введение

История проектирования и производства реактивной авиации насчитывает уже более 70 лет. Переход с поршневой авиации на реактивную был вызван целым рядом причин. Во-первых, к новым военным летательным аппаратам (ЛА) всегда предъявлялись требования по увеличению высоты, скорости и дальности полёта, увеличению полезной нагрузки по сравнению с уже существующими ЛА. По большей части эти требования достигаются характеристиками и свойствами двигателя (энергетической установки) и движителя ЛА. Относительно энергетических установок ЛА это приводит к применению на новых моделях более мощных энергетических установок. Для поршневых двигателей увеличение мощности ведёт к увеличению габаритных размеров в арифметической прогрессии (что также увеличивает лобовое сопротивление ЛА) и увеличение массы установки, что практически сводит на нет все полезные эффекты от модернизации. Во-вторых, устарел движитель – для поршневой авиации это воздушный винт. В общем случае, для получения большей тяги и большей скорости полёта необходимо увеличение частоты вращения винта, увеличение его окружной скорости, что для концевой сечения лопастей приводит к появлению местных сверхзвуковых скоростей (что снижает его эффективность и ухудшает характеристики) и появлению огромных напряжений от центробежных сил в корневом сечении, что накладывает прочностные ограничения на конструкцию (при этом увеличение площади поперечного сечения лопасти не приводит к увеличению прочности, так как при этом масса лопасти, а, соответственно, и центробежная сила, возрастают). Появление реактивных двигателей, в частности газотурбинных двигателей (ГТД), позволило решить все эти проблемы: при достаточно малых габаритах и массе ГТД имеют достаточно большую мощность (и тягу); движителем у ГТД является реактивная струя, которая позволяет достигать сверхзвуковых скоростей полёта.

По мере развития реактивной авиации изменялись параметры энергетических установок, изменялись требования к ним и их конструкция. К настоящему времени ГТД насчитывают пять поколений (табл. 1) [1].

Сейчас в нашей стране наиболее современными серийными двигателями для военных самолётов являются двигатели IV поколения, или как их ещё называют поколение IV++: семейства двигателей РД-33 и АЛ-31Ф.

Каждое новое поколение отличается от предыдущего существенным улучшением характеристик, таким как удельная масса и экономичность. Это достигается за счет увеличения температуры газов перед турбиной, регулирования степени повышения давления, увеличения КПД элементов двигателя, уменьшения удельного расхода топлива, применения новых материалов и конструкторских решений.

В среднем, каждое новое поколение отличается от предыдущего повышением температуры газа перед турбиной на 150-250 К с соответствующим ростом степени повышения давления компрессора и усложнением конструкции. Также более совершенные ГТД характеризуется уменьшением удельного расхода топлива. Наряду с улучшением удельных характеристик характерным для новых поколений является рост абсолютной тяги двигателя [2].

Целью данной статьи является анализ двигателей для военных высокоманевренных самолётов V поколения, выявление их характерных особенностей и требований к их характеристикам.

Таблица 1.

## Характеристики ГТД для военных высокоманевренных самолётов

Поколение, Период	Температура газа перед турбиной, К	Степень повышения давления $\pi_k^*$	Удельный расход топлива, кг/Н·ч	Характерные представители	Где установлены
I, 1939-1949 гг	900–1000	3–6	0,122–0,142	BMW 003, Jumo 004	Me-262, Ar-234, He-162
II, 1950-1960 гг	1150–1250	7–13	0,112–0,08	J 79, P11-300	F-104, F-4, МиГ-21
III, 1960-1970 гг	1400–1500	16–20	0,071–0,065	TF 30, J 58, АЛ-21Ф	F-111, SR-71, Су-24
IV, 1970-1990 гг	1500–1700	21–25	0,063–0,059	F100, F110, F404, РД-33, АЛ-31Ф	F-15, F-16, МиГ-29, Су-27
V, 2000-2015 гг	1800–2000	25–30	0,057–0,050	F135, F414-GE-400, F119, F414, АЛ-41Ф2	F-22, F-35, ПАК ФА (Т-50)

## Анализ конструкции, параметров и характеристик двигателей V поколения

**Pratt & Whitney F119** – авиационный высокотемпературный турбореактивный двухвальный двухконтурный двигатель с форсажной камерой и управляемым в вертикальной плоскости вектором тяги (ТРДДФ), разработанный компанией Pratt & Whitney для истребителя V поколения Lockheed Martin F-22 Raptor [3].

Двигатель выполнен с противовращением турбин и компрессоров высокого и низкого давления. Двигатель имеет 3 ступени компрессора низкого давления (КНД) 6 ступеней компрессора высокого давления (КВД), камеру сгорания (КС), одноступенчатую турбину высокого давления (ТВД) и одноступенчатую турбину низкого давления (ТНД), форсажную камеру (ФКС), плоское управляемое сопло охлаждаемой конструкции, что позволяет снизить радиолокационную заметность в задней полусфере (рис. 1).



Рис. 1. Макет ТРДДФсм F119

F119 построен на базе F100 и имеет деталей меньше на 40 %. Первая ступень компрессора полая, все ступени компрессора изготовлены по технологии блиск, монокристаллические. F119 первый двигатель с широкохордными лопатками для

американского истребителя. Турбины так же изготовлены по технологии блиск, диски с лопатками имеют зернистую структуру.

Силовая установка F-22 состоит из двух ТРДДФсм F119 с малой степенью двухконтурности. По сравнению с базовым двигателем (F100) F119 развивает вдвое большую тягу на безфорсажном режиме и на 50 % большую тягу на форсажном режиме (таблица 2) [4].

Таблица 2.

### Характеристика двигателя Pratt & Whitney F119

Параметр	Значение
Масса, кг	1775
Длина, мм	5106
Диаметр, мм	1168
Тяга, кгс	102969
Тяга на форсаже, Н	155690
Удельный расход топлива, кг/Н·с	0,089
Температура на входе в турбину, К	1920
Удельный расход топлива на форсаже, кг/Н·с	0,198
Степень двухконтурности	0,2

При изготовлении широкохордных лопаток компрессора использована технология, разработанная для аналогичных лопаток гражданского ТРДД PW4000. Не имеющие антивибрационных полок лопатки с малыми относительными удлинениями и диаметром втулки обеспечивают увеличенный расход воздуха и отличаются повышенной прочностью, эффективностью, запасом газодинамической устойчивости, а также лучшей стойкостью к повреждениям при попадании в двигатель птиц и других посторонних предметов. Полые лопатки применены только в первой ступени вентилятора. Это позволило снизить его массу и предотвращает утечку воздуха в корневой части лопаток, что бывает в роторах с механическим соединением лопаток с диском. Диски изготовлены из титана, отдельные ступени соединены с использованием сварки трением. Входной корпус вентилятора имеет монолитную конструкцию из композиционного материала, он легче (на 7 кг) и дешевле исходного титанового корпуса. Входной корпус с помощью ряда профилированных стоек поддерживает передний подшипник. Технология изготовления корпуса не требует его дополнительной обработки и обеспечивает гладкую наружную поверхность. Для обеспечения максимального КПД рабочие лопатки имеют малое относительное удлинение и откорректированную диффузорность, а статорные лопатки выполнены наклонными. Укороченные и более прочные рабочие лопатки компрессора также отличаются повышенной стойкостью к повреждениям и возмущениям воздушного потока. Корпуса вентилятора и компрессора – разъемные для обеспечения лучшего доступа при техническом обслуживании.

Камера сгорания – кольцевая; стенки "плавающей конструкции" имеют как конвективное, так и пленочное охлаждение. Ступенчатые форсунки улучшают характеристики камеры сгорания.

Вращение турбин осуществляется в противоположные стороны. Оснащены турбины монокристаллическими лопатками с воздушным охлаждением. Конвективно-пленочное охлаждение обеспечивает снижение нагрева лопаток и увеличение их срока службы. При производстве диски турбины подвергаются двойной термообработке. Их материал образует мелкозернистую структуру в центральной части и крупнозернистую по ободу, что повышает стойкость к повреждению.

Сопло у двигателя плоское, с отклонением вектора тяги. Включает створки суживающейся и расширяющейся частей, обеспечивающие независимое управление площадью критического и выходного сечений. Створки расширяющейся части

охлаждаются для уменьшения ИК-излучения, кроме того, им придана особая форма для уменьшения радиолокационной заметности. Сопла истребителя F-22 отклоняются на углы  $\pm 20^\circ$  (время перекладки 1 с). Симметричное отклонение обоих сопел применяется для управления по тангажу, чтобы усилить действие горизонтального хвостового оперения на малых скоростях и больших углах атаки. Применение отклоняемых сопел увеличило массу конструкции на 15...25 кг, в то же время эквивалентное увеличение площади горизонтального оперения повысило бы эту массу на 180 кг. Система управления – Full Authority Digital Electronic Control (FADEC) с двойным резервированием, объединена с системой управления истребителем F-22. Осуществляет управление вектором тяги, регулирует расход топлива, управляет поворотными направляющими лопатками вентилятора и компрессора [3].

**Pratt & Whitney F135** – авиационный высокотемпературный турбореактивный двухконтурный двигатель с форсажной камерой, разработанный компанией Pratt & Whitney для истребителя 5-го поколения Lockheed Martin F-35. Данный двигатель является дальнейшим развитием двигателя F119, используемого на истребителях пятого поколения Lockheed Martin F-35 «Лайтнинг» II. Имеется вариант для самолетов F-35B с вертикальным взлетом и посадкой [5].

Роторы двигателя вращаются в противоположные стороны для компенсации гироскопических моментов и для повышения КПД. F-135 изготовленный на базе F-119 для F-22, имеет 3-х ступенчатый КНД с лопатками выполненными по технологии блиск, 6-и ступенчатый КВД (F119), камеру сгорания (F119), температура газов перед турбиной составляет порядка 1927 К, это достигнуто благодаря системам охлаждения и сплавам из кобальта, турбина высокого давления одноступенчатая, частота вращения 15 000 об/мин, турбину низкого давления (2-х ступенчатая), форсажную камеру с радар-блоккерами. Двигатель имеет бесфорсажную тягу 124543 Н, на форсаже 191227 Н. Ресурс разных деталей составляет от 1500 до 4000 часов (таблица 3).

Таблица 3.

Характеристики двигателя Pratt &amp; Whitney F135

Параметр	Значение
Масса, кг	2450
Длинна, мм	5590
Диаметр, мм	1170
Температура на входе в турбину, К	1927
Тяга, Н	12544
Тяга на форсаже, Н	191229
Удельный расход топлива, кг/Н·с	0,087
Удельный расход топлива на форсаже, кг/Н·с	0,177
Степень двухконтурности	0,57

Трёхступенчатый КНД получен от F119, но с новыми особенностями, дающими больший массовый поток воздуха с более высокой степенью повышения давления, с улучшенной стабильностью потока, с максимальной устойчивостью к повреждениям от попадания в воздухозаборник посторонних предметов и при минимальной РЛ-сигнатуре (радиолокационной заметности). У двигателя шестиступенчатый КВД, короткая кольцевая КС, полученная от F119.

ТВД – нагруженная, одноступенчатая, созданная на базе турбины F119, с улучшенным профилем, покрытием и улучшенным охлаждением. ТНД двухступенчатая, позволяющая создавать значительно большую мощность для привода вентилятора (рис. 2).

ФК с полностью регулируемым выходным устройством, с радар-блоккерами, снижающими РЛ-заметность, с сужающе-расширяющимся осесимметричным соплом.

На самолёте F-35B с укороченным взлётом и вертикальной посадкой установлен подъёмный вентилятор британской фирмы Rolls-Royce и два боковых сопла, позволяющие выполнять стабилизацию по крену. Вентилятор отбирает мощность порядка 29 тысяч л.с. и создаёт максимальную тягу 9072 кг, а 7122 кг вертикальной тяги создаёт газовая струя двигателя. Боковые сопла создают тягу по 884 кг каждое [5].

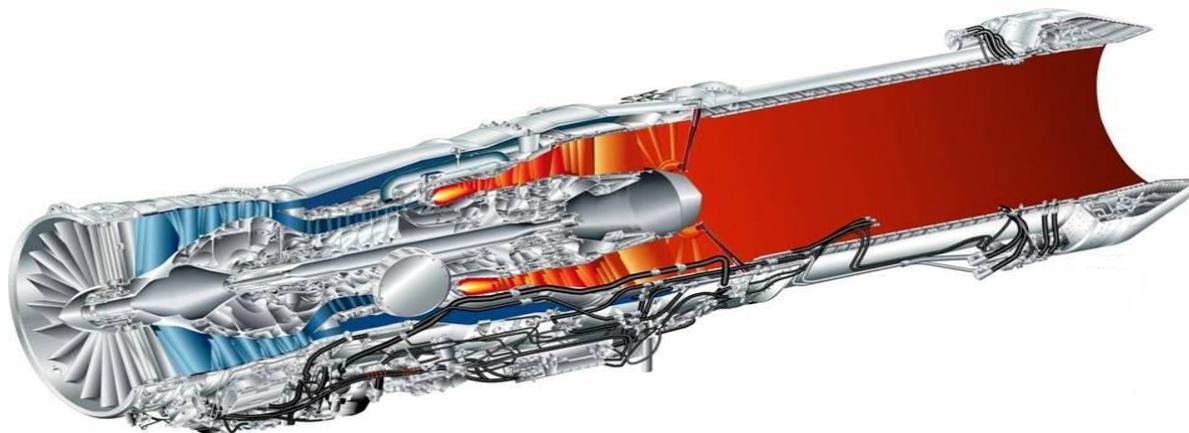


Рис. 2. Разрез двигателя F135

**F414-GE-400.** Двигатель F414-GE-400 сочетает в себе передовые технологии с надёжностью, устойчивостью и работоспособностью своего предшественника F404-GE-400 и при этом обладает на 35% большей тягой (таблица 4). Это значительно улучшает лётные характеристики и полезную нагрузку F/A-18 Super Hornet и способствует повышению живучести в ходе выполнения боевых заданий [6].

Таблица 4.

Характеристика двигателя F414-GE-400

Параметр	Значение
Масса, кг	1109
Длинна, мм	3912
Диаметр, мм	889
Тяга, Н	65704
Тяга на форсаже, Н	97370
Удельный расход топлива, кг/Н·с	0,092
Температура на входе в турбину, К	1750
Удельный расход топлива на форсаже, кг/Н·с	0,195
Степень двухконтурности	0,46

Передовые технологии, воплощённые в двигателе, включают такие функции, как полностью цифровая система электронного управления (FADEC) – позволяют улучшить эксплуатационные характеристики двигателя, а современные материалы и технологии обеспечивают охлаждение наиболее нагруженных элементов для эксплуатации при более высоких температурах и давлениях, не жертвуя при этом ресурсом двигателя.

Главным отличием между F414 и F404 является компрессор низкого давления, он длиннее на 13 см и позволил увеличить расход воздуха на 16%. Чтобы уложиться в прежние габариты F404-го, на F-414-м сделали короче на 10 см форсажную камеру и на 2,5 см короче камеру сгорания. Диски с лопатками компрессора низкого давления цельнолитые, что позволило уменьшить его вес на 23 кг. Каждый диск с лопатками обеих турбин выращивается как монокристал, как одно целое.

Двигатель двухконтурный, двухроторный, 3-ступенчатый компрессор низкого

давления и 7-ступенчатый компрессор высокого давления, 1-ступенчатая турбина компрессора низкого давления и 1-ступенчатая турбина компрессора высокого давления. Сопло суживающееся-расширяющееся, регулируемое осесимметричное (рис. 3).

На самолёте Gripen NG с двигателем F414 на максимальном режиме, без форсажа, достигнуто число  $M = 1,2$ . Также двигатель устанавливается на самолётах F/A-18E Super Hornet, F/A-18F Super Hornet, EA-18G Growler, MaKO, Gripen NG.

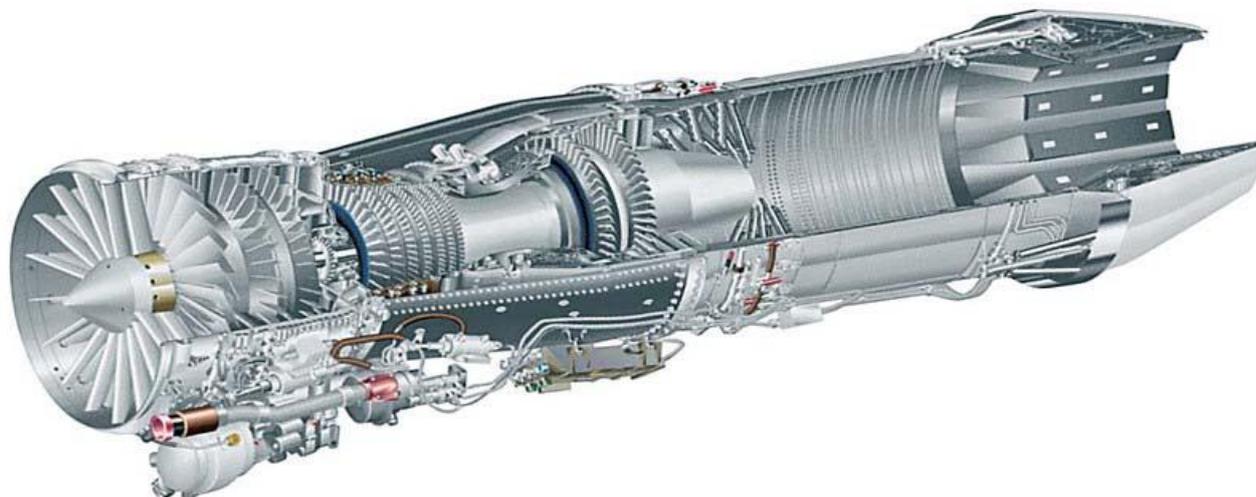


Рис. 3. Разрез двигателя F414-GE-400

**АЛ-41Ф.** Для перспективного авиационного комплекса фронтовой авиации (ПАК ФА) Т-50 в НПО «Сатурн» разработаны двигатели АЛ-41Ф1 и АЛ-41Ф2. АЛ-41Ф1 – это дальнейшая модификация хорошо себя зарекомендовавшего двигателя АЛ-31ФП с увеличенным расходом воздуха и повышенной температурой газов перед турбиной. АЛ-41Ф2 – новый двигатель с параметрами V поколения, разработанный в кооперации нескольких знаменитых фирм-разработчиков, среди которых НПО «Людьяка-Сатурн» и НПП «Мотор». Это авиационный турбореактивный двухконтурный двигатель с форсажной камерой и управляемым вектором тяги, созданный «НПО «Сатурн». На двигателе применена уникальная система зажигания разработанная «НПП «Молния». АЛ-41Ф1 это переходный двигатель между поколением IV и V, на данном этапе отвечает большинству требований предъявляемых к двигателям 5-го поколения: масса двигателя – почти 1,4 тыс. кг, тяга на бесфорсажном режиме составляет 86297 Н, а на форсаже увеличивается до 15-тонной величины. Выходные устройства двигателей – поворотные осесимметричные реактивные сопла. Для парирования разворачивающего момента при отказе одного из двигателей оси поворота сопел ориентированы под острым углом к плоскости симметрии самолета так, чтобы вектор тяги работающего двигателя проходил ближе к центру масс самолета. Охлаждаемые лопатки турбины выполнены из монокристаллических сплавов.

Не смотря на внешние сходства с двигателем предыдущих поколений, АЛ-41Ф1 получил около 80% совершенно новых деталей и отличается от двигателей IV поколения повышенной силой тяги, более сложной системой автоматизации, новой турбиной и улучшением расходных характеристик. В настоящее время данный двигатель производится в двух вариантах: АЛ-41Ф1 и АЛ-41Ф1С (для экспорта) устанавливаемых на многоцелевой истребитель пятого поколения Т-50 и многоцелевой истребитель поколения IV++ Су-35С. Основные отличия от реактивных двигателей прошлого поколения: модернизация камеры сгорания, компрессоров низкого и высокого давления. Увеличенный до 932 мм диаметр турбины (см. таблицу 5).

Благодаря всем этим усовершенствованиям удалось существенно увеличить силу тяги двигателя с 122581 Н до 147098 Н и увеличить ресурс двигателя в 4 раза с 1000 до

4000 часов. При этом возросла надежность, и снизился расход топлива [7].

К двигателю АЛ-41Ф2 предъявлено требование обеспечения длительного полёта со сверхзвуковой скоростью ( $M = 1,5-1,6$ ) без включения форсажа, требования по РЛ и инфракрасной (ИК) заметности. Количество деталей в двигателе по сравнению с прототипом уменьшено. При меньших габаритах и массе по сравнению с АЛ-31Ф тяга увеличена на 10–15%, удельный расход топлива снижен на 10–13%. В конструкции широко использованы новые материалы: сплавы, композиты, порошковая металлургия. Это позволило увеличить температуру газов перед турбиной на 12%. АЛ-41Ф2 оснащён системой управления вектором тяги (см. таблицу 5).

Таблица 5.

Характеристика двигателя АЛ-41Ф2

Параметр	Значение
Масса, кг	1380
Длина, мм	4950
Диаметр, мм	1180
Тяга, Н	86298
Тяга на форсаже, Н	147099
Удельный расход топлива, кг/Н·с	0,067
Температура на входе в турбину, К	1689
Удельный расход топлива на форсаже, кг/Н·с	0,178
Степень двухконтурности	0,54

### Вывод

Реактивная авиация продолжает развиваться и совершенствоваться, многие страны уже проектируют двигатели VI поколения. Проанализировав конструкцию и характеристики различных серийных двигателей V поколения можно выделить у них следующие общие черты: малая радиолокационная и инфракрасная заметность, возможность сверхзвукового полёта на крейсерском бесфорсажном режиме работы двигателя, температуры газов перед турбиной порядка 1900К, удельный расход топлива на форсаже (0,177–0,198 кг/Н·с) и без форсажа (0,067–0,092 кг/Н·с), удельная тяга (87,67–78,06 Н·с/кг). Все рассмотренные двигатели для военных высокоманевренных самолётов выполняются двухконтурными с низкой степенью двухконтурности, двухвальными с форсажными камерами. Общее количество ступеней компрессора – порядка 9. Температуры газов перед турбиной порядка 1900К. Лопатки турбин выполняются из монокристаллических сплавов с конвективно-плёночным охлаждением. У двигателей производства США – компрессора выполнены по технологии блиск. Реактивные сопла всех рассмотренных двигателей – всеракурсные или отклоняемые. На всех двигателях есть мероприятия по снижению РЛ и ИК заметности в передней и задней полусферах.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конструкция и проектирование авиационных газотурбинных двигателей: Учебник для студентов вузов по специальности “авиационные двигатели и энергетические установки” С. А. Вьюнов, Ю. И. Гусев, А. В. Карпов и др.; Под общ. Ред. Д. В. Хронина. – М.: Машиностроение, 1989 – 368 с.
2. Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей под ред. С. М. Шляхтенко. Учебник для вузов – 2-е изд., перераб. и доп. – М. Машиностроение, 1987 – 568 с.
3. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Prat\\_%26\\_Whitney\\_F119](http://ru.wikipedia.org/wiki/Prat_%26_Whitney_F119)
4. ЦИАМ “Иностранные авиационные двигатели”, под редакцией В.А. Скибина и В. И. Солонина. Москва, изд. Дом “Авиамир”, 2005 г.
5. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Prat\\_%26\\_Whitney\\_F135](http://ru.wikipedia.org/wiki/Prat_%26_Whitney_F135)

6. <http://www.airwar.ru/enc/engines/f414.html>
7. <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%9B-41%D0%A41>

### ОБ АВТОРАХ



**Кишалов Александр Евгеньевич**, доц. каф. авиац. теплотехники и теплоэнергетики УГАТУ, дипл. инж. по авиационным двигателям и энергетическим установкам (УГАТУ, 2006). К.т.н. по тепловым, электроракетным двигателям и энергоустановкам ЛА (УГАТУ, 2010). Исследования в области рабочих процессов в авиационных ГТД на установившихся и неустойчивых режимах, разработки математических моделей сложных технических объектов, САПР авиационных ГТД.

e-mail: [kishalov@ufanet.ru](mailto:kishalov@ufanet.ru)



**Самигуллин Алмаз Азатович** студ. 1-го курса ФАД каф. АТиТ.

e-mail: [almaz.samigullin.2014@mail.ru](mailto:almaz.samigullin.2014@mail.ru)

Фото

УДК 004.896

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В СИСТЕМЕ НАДДУВА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

**Сабангулова Л. Б., Хайруллина А. А.**

### Введение

Как известно, для увеличения мощности двигателя без увеличения его габаритов используют турбонаддув. Также турбонаддув обеспечивает экономию топлива в расчете на единицу мощности и снижение токсичности отработавших газов благодаря более полному сгоранию топлива, что является бесспорным преимуществом в современном мире. При работе двигателя на низких оборотах часто возникает такое явление, как "турбояма"- задержка нарастания давления наддува (недостаток давления). Для борьбы с этим явлением разработана система наддува.

### Исследование

Наряду с простой жесткой связью между турбиной и компрессором, известен подход, при котором в системах наддува для устранения эффекта турбоямы применяют вспомогательные электродвигатели. В данной работе в роли электромашин используются вентильно-реактивные (ВРМ). Эти электромашин представляют собой устройства, работающие за счёт разности в магнитном сопротивлении ротора и статора. Они могут функционировать в режиме генератора и двигателя. Основными достоинствами ВРМ является простота конструкции, долговечность, благоприятная нагрузочная характеристика, хорошая термостойкость, а также экономичность.

Изменяя крутящий момент вращения на валу вентильного реактивного двигателя (ВРД), можно быстро увеличивать количество воздуха, подаваемого в цилиндр. Момент подается на компрессор не только от ВРД, но и механически, через планетарный

механизм от турбины. С ней через планетарный механизм связан и вентильно реактивный генератор (ВРГ). Он заряжает аккумулятор, от которого получает энергию ВРД.

Так, схема позволяет гибко перераспределять поток энергии от турбины между аккумулятором и компрессором. Это дает выигрыш в производительности устройства.

Эффективное функционирование ВРМ в широком диапазоне скоростей, возможно лишь при подключении его обмоток к коммутатору токов на базе мощных транзисторов, управляемых логикой, которую обычно реализуют на основе достаточно быстрого программируемого микроконтроллера. В данной работе используется PIC32.

Для управления вентильными реактивными электромашинами нужно подавать сигналы на мощные транзисторы IGBT/MOSFET. Каждой фазой генератора и двигателя управляют по два транзистора. Необходимо устройство, которое бы преобразовывало управляющие сигналы малого напряжения в сигналы большего напряжения, достаточного для управления генератором и двигателем, для этого в устройстве используются драйверы.

Скорость вращения вала ВРМ зависит от напряжения на фазах, а также от некоторых внешних воздействий: сила трения, температура, качество и количество смазки. Чтобы обеспечить заданную скорость вращения вала двигателя, необходимо сформировать такое напряжение на фазах, которое бы обеспечивало скорость, независимую от воздействия внешних условий. Как правило, в подобных системах используют пропорционально-интегрально-дифференциальные регуляторы. Выходным воздействием в данном случае является коэффициент ШИМ. Управляя скважностью импульсов силовых транзисторов драйвера можно плавно изменять импульсы тока фазных обмоток электродвигателя или генератора.

С каждым годом сложность оборудования возрастает, и все чаще встает вопрос о повышении эффективности управления. Некоторые взаимосвязи трудно описать в терминах классической четкой логики, и все большее число реальных технических решений базируется на экспертном опыте, который необходим также для управления ВРД/ВРГ.

В данной работе используется регулятор на базе нечеткой логики.

Нечеткая логика имеет ряд преимуществ. Например, она более проста для понимания, чем математическая модель на основе дифференциальных уравнений, нечеткие модели оказываются более тривиальными для своей аппаратной реализации.

На рисунке 1 представлен процесс регулирования угловой скорости объекта с помощью ПИД-регулятора и регулятора на базе нечеткой логики. Результаты моделирования получены при помощи пакета Matlab. Видно, что нечеткий регулятор обладает перерегулированием меньшим, чем классический регулятор. Это свидетельствует о том, что в данном случае нечеткое регулирование является более эффективным, так как обеспечивает более точное управление скоростью двигателя, крайне важное и ощутимое для вождения автомобилем.

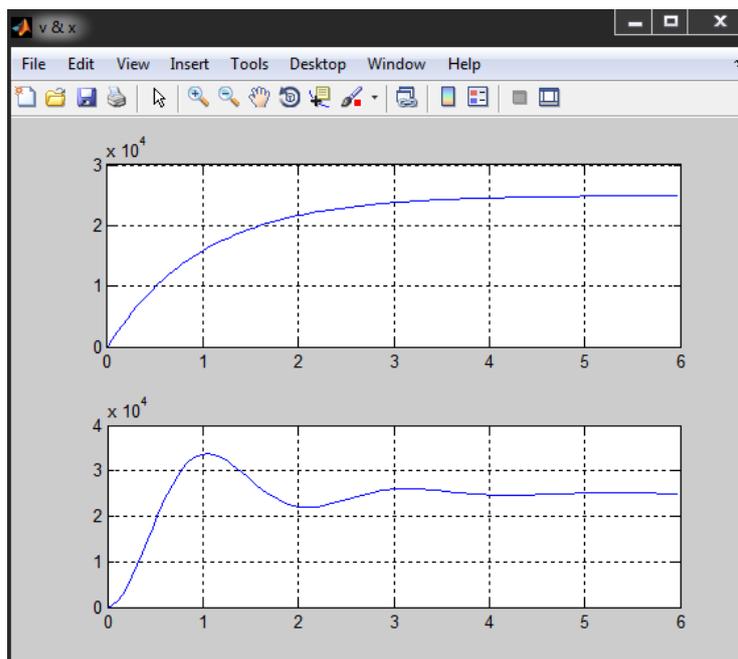
Для построения нечеткого регулятора используется метод Э.Мамдани. На вход поступает ошибка  $e$  и разность текущей и предыдущей ошибки  $de$ . Ошибка  $e$  – это разность между текущей угловой скоростью и заданной,  $de$  – разность между текущей и предыдущей ошибкой. Входные данные изменяются от -100 до 100, а выходное значение от 0 до 255.

Обе величины проходят через этап фазсификации. На данном этапе необходимо представить условия решения задачи в лингвистической форме. Входные величины разделены на семь треугольных термов каждая.

Принятые сокращения для значений термов лингвистических переменных в системах нечеткого вывода расписаны в таблице 1.

Затем полученные нечеткие переменные используются в блоке логических правил для получения управляющего воздействия на объект. Нечеткая логика использует логические законы, такие как «если NS и NM, то PS». В результате использования набора

правил – нечеткой базы знаний – вычисляется значение истинности для предпосылки каждого правила на основании конкретных нечетких операций, соответствующих конъюнкции или дизъюнкции термов в левой части правил.



**Рис. 1.** Функции зависимости скорости от времени при использовании регулятора на базе нечеткой логики и ПИД-регулятора

**Таблица 1**

**Принятые сокращения для значений термов лингвистических переменных в системах нечеткого вывода**

Символическое обозначение	Обозначения, в программе	Англоязычная нотация
NH	0	Negative Normal
NM	1	Negative Middle
NS	2	Negative Small
Z	3	Zero
PS	4	Positive Small
PM	6	Positive Middle
PH	7	Positive High

Следующий этап – это определение значений функций принадлежности входных параметров.

Для описания функции принадлежности к какому-либо терму используется следующее выражение:

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq a, \\ \frac{x-a}{c-a}, & \text{если } a < x \leq c, \\ \frac{x-a}{b-c}, & \text{если } c < x < b, \\ 0, & \text{если } x \geq b, \end{cases}$$

где  $a$  — левая граница треугольника;  
 $c$  — вершина треугольника;  
 $b$  — правая граница треугольника;  
 $\mu(x, a, b, c)$  — функция принадлежности к данному терму.

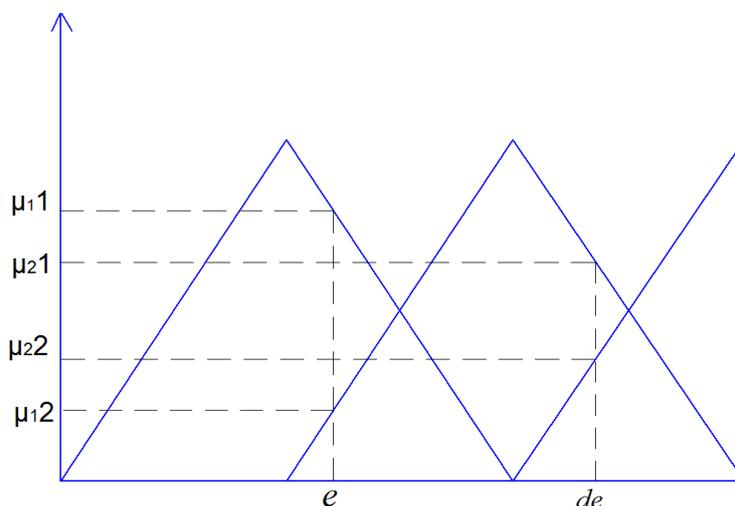


Рис. 2. Вид функций принадлежности входных параметров

В разрабатываемом регуляторе два входных значения, что дает 4 комбинации входных параметров (см. рисунок 2).

В данном случае используется механизм логического вывода выражающийся через операции нахождения минимума и максимума (метод минимума-максимума). Строится таблицу *minimum*, которая содержит промежуточные результаты расчетов (см. таблицу 2).

Таблица 2

**Пример определения минимальных значений функций принадлежности**

Термы первого входного параметра	Термы второго входного параметра	Номер выходного терма	Минимальная функция принадлежности в комбинации входных термов
A0(0,4)	B0(0,3)	1	$\mu_B=0,3$
A0(0,4)	B1(0,7)	2	$\mu_A=0,4$
A1(0,6)	B0(0,3)	2	$\mu_B=0,3$
A1(0,6)	B1(0,7)	1	$\mu_A=0,6$

Операция нахождения минимума двух нечетких множеств (нечеткое "И")  $A$  и  $B$  определяется как наибольшее нечеткое множество, являющееся одновременно подмножеством обоих множеств. Функция принадлежности для этого множества вычисляется следующим образом:

$$\mu_{AB}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)).$$

Следующий этап выбор из всех минимумов значений функций принадлежности выбираем максимальное для всех значений выходного параметра. Объединение двух нечетких множеств (нечеткое "ИЛИ") определяется как наименьшее нечеткое множество, содержащее оба множества  $A$  и  $B$ . Функция принадлежности для этого множества находится по следующей формуле:

$$\mu_{AB}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)).$$

Массив defuzz содержит максимальные значения функций принадлежности выходных термов.

Полученные выходные термы проходят этап дефаззификации (преобразования нечетких переменных в цифровые). В данной работе выходная величина рассчитывается по методу центра тяжести по формуле:

$$c = \frac{\int_x^x x \times \mu_A(x) dx}{\int_x^x \mu_A(x) dx}.$$

Фигура выходных термов ограничена справа и слева крайними координатами термов, сверху - вычисленными функциями принадлежности. Для того, чтобы получить цифровое значение, получившуюся фигуру интегрирования необходимо разбить на равных частей и выбрать шаг интегрирования  $x$ , затем площади получившихся прямоугольников суммируются (см. рисунок 3).

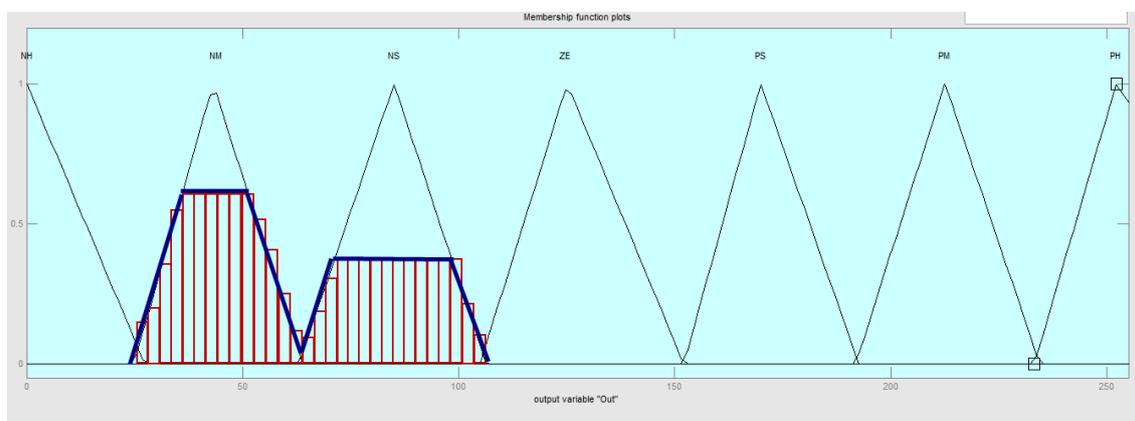


Рис. 3. Дефаззификация по методу центра тяжести.

### Вывод

Полученный результат поступает на выход регулятора в виде управляющего воздействия. Функция регулятора на базе нечеткой логики реализована на языке программирования С. PIC32 обладает частотой тактирования 80 МГц, большинство команд выполняются за 1 такт генератора. Разработанная функция выполняется за 500 мкс. Необходимо учитывать, что функция регулятора вызывается два раза, для ВРД и ВРГ, соответственно время, затрачиваемое на реализацию широтно-импульсной модуляции, удваивается, и оно равно 1мс, что удовлетворяет условиям, ограниченными быстродействием выбранного микроконтроллера. Выявлено, что регулятор на базе нечеткой логики обладает перерегулированием меньшим, чем классический регулятор.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Круглов В.В., М.И., Голунов Р.Ю.** Нечёткая логика и искусственные нейронные сети: учебник – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 221 с.
  2. **Корки Б.В.** Турбонаддув. Проектирование, установка и испытание систем турбонаддува – М.: Логос, 1997. – 578 с.
- Соловьев С.А.** и др. Логическое проектирование цифровых систем на основе программируемых логических интегральных схем – М.: Центр «Наука и техника», 2008. – 346 с.

**ОБ АВТОРАХ**

Фото

**Сабангулова** Лилия Басировна, магистрант первого года обучения ПИ кафедры АСУ УГАТУ, дипл. инж. по вычислительным машинам, комплексам, системам и сетям (УГАТУ, 2013). Исследования в области интеллектуальных систем.

e-mail: [sabangulova.lilia.vm34@mail.ru](mailto:sabangulova.lilia.vm34@mail.ru)

Фото

**Хайруллина** Айгуль Ахтямовна, магистрант первого года обучения ФИФ-103м кафедры ФДОиЭБ УГАТУ, дипл. математика-программиста, дипл. экономиста (УГАТУ, 2013).

e-mail: [aygul.khayrullina@mail.ru](mailto:aygul.khayrullina@mail.ru)

УДК 621.1:532

**ВЛИЯНИЕ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В ВИХРЕВОЙ ЖИДКОСТНОЙ ТРУБЕ  
НА ХАРАКТЕР НАГРЕВА ЖИДКОСТИ В ТЕПЛОГЕНЕРАТОРЕ****Калимуллин Р. Р., Мухаметов М. В., Халиуллин И. Р., Юнусбаев Д. И.**

Обратная связь в вихревых жидкостных аппаратах была использована ещё в 90-х годах Потаповым Ю.С. В теплогенераторе Ю.С. Потапова, основанном на вихревом эффекте, используется перепускной патрубков, обеспечивающий перепуск жидкости из корпуса теплогенератора в выходной патрубков в случае закупорки выпускного отверстия, а также скачков давления жидкости в системе [1]; то есть перепускной патрубков играет роль положительной обратной связи.

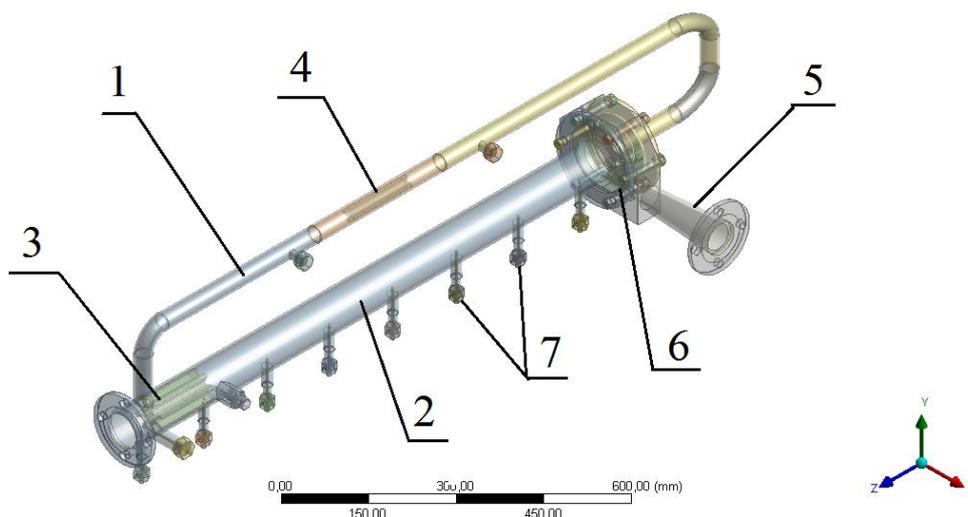
Наличие обратной связи в любой системе оказывает определенное влияние на процессы, происходящие в ней, зависящие от направления движения жидкости. В рассматриваемой вихревой жидкостной трубе в качестве обратной связи предусмотрена байпасная линия (1) рис.1, связывающая выход из вихревой трубы, с входом в центральную часть закручивающего устройства (6), которая, в зависимости от направления движения жидкости может быть как положительной (при движении жидкости с выхода в вихревую зону), так и отрицательной. Крестовина (3), установленная на конце вихревой трубы и крестовина в байпасе (4) служат в качестве тормозного и выпрямляющего устройств.

В данной работе проводится исследование методом численного моделирования влияния обратной связи на характер нагрева жидкости в теплогенераторе, с использованием пакета *Ansys 14.5*. Для разработки твердотельной модели использовался пакет «*SolidWorks 2009*». Твердотельная модель представляет собой сборку, аналогичную реальному объекту, выполненную в соответствии с особенностями проточной части и конструктивным исполнением. [2]

Для решения поставленной цели выполняются следующие задачи:

- разработка твердотельной модели и систем уравнений движения рабочей жидкости;
- построение расчетной сетки;

- назначение начальных и граничных условий;
  - проведение численного моделирования вихревой жидкостной трубы с байпасом;
  - проведение численного моделирования вихревой жидкостной трубы без байпаса;
  - анализ полученных результатов (сравнительный анализ графиков зависимостей составляющих скоростей по тракту вихревой камеры, давлений по тракту вихревой камеры энергоразделения и замыкающего байпаса);
- сравнительный анализ характера течения рабочей жидкости с подключенной и отключенной обратной связью (байпас).



**Рис.2.** Модель вихревой жидкостной трубы:

- 1 – байпас; 2 – вихревая камера энергоразделения; 3 – крестовина; 4 – крестовина байпаса; 5 – сопловой ввод; 6 – тангенциальное закручивающее устройство; 7 – штуцера подключения датчиков измерения.

Численное моделирование производится в среде *Ansys 14.5*, для этого выделяется проточная часть исследуемого объекта и на ней строится расчетная конечно-элементная сетка. Конечно-элементная сетка обеспечивает аппроксимацию геометрии изделия и преобразует исходную физическую задачу к дискретной математической модели.

Для сравнительного анализа влияния байпасной линии (т.е. обратной связи) решение проводится с подключением канала байпаса и его полным исключением.

Исключение байпаса в твердотельной модели производится при помощи установки условной шайбы, перекрывающей полностью проточную часть в байпасной линии. Для моделей вихревой жидкостной трубы с байпасом и без байпаса строятся расчетные сетки с параметрами, указанными в таблице Таблица 1.

**Таблица 1**

**Параметры расчетных сеток для моделей с байпасом и без байпаса**

	Модель с байпасом	Модель без байпаса
<i>Min size</i>	2 mm	2 mm
<i>Max face size</i>	7 mm	8 mm
<i>Max size</i>	7 mm	9 mm
<i>Nodes</i>	318084	201662
<i>Elements</i>	1096375	641044

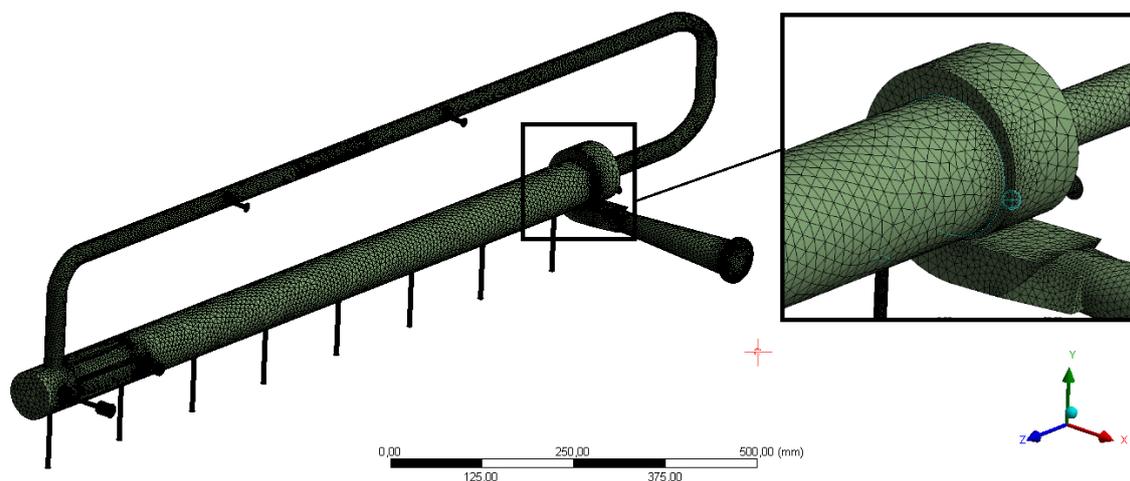


Рис.3. Расчетная сетка модели вихревой жидкостной трубы с байпасом

Начальные, граничные условия и допущения для каждой из модели задаются одни и те же, для более точного сравнения двух моделей.

Допущения:

- жидкость несжимаема;
- процесс адиабатический;
- стенка абсолютно гладкая.

Начальные условия:

- давление на входе в теплогенератор постоянное  $p_{вх}=6,7 \cdot 10^5$  Па;
- температура на входе в теплогенератор  $t_{вх}=24$  °С.

Граничные условия:

- модель турбулентности  $k$ - $\epsilon$ ;
- модель теплопередачи: полная энергия (*Heat Transfer Model: Total Energy*);
- давление на выходе из теплогенератора  $p_{вых}=3,3 \cdot 10^5$  Па.

Расчет обеих моделей производился в *ANSYS FluidFlow (CFX)*. В процессе счета сходимость всех уравнений достигла порядка  $-1 \cdot 10^{-4}$  (RMS), а дисбаланс основных уравнений – порядка 0,1 %.

Анализ характера изменения давления в поперечном сечении вихревой трубы (Рис.4) показывает наличие расслоения значений в осесимметричном расположении. Это может быть объяснено наличием вихревых течений, интенсивность которых снижается по мере удаления от камеры завихрения.

Результаты расчета представлены в виде графиков зависимостей давления в вихревых жидкостных трубах в продольном сечении по тракту вихревой камеры. На Рис. 6 представлен график зависимости давления в вихревой жидкостной трубе без байпаса по тракту вихревой камеры, где линии сечения указаны расстояниями от оси вихревой трубы отношениями к её радиусу (Рис.4). Сечения  $1,0r$  и  $-1,0r$  показывают давления у стенок вихревой камеры. В этом сечении наиболее высокие значения давлений, тогда как в центральном сечении (сечение 0) самые низкие значения давлений по тракту вихревой камеры. Также сравнивая линии графиков в сечении  $0,5r$  и  $-0,5r$ ,  $0,25r$  и  $-0,25r$ , можно заметить их различие по давлениям, хотя сечения, на которых сделаны попарные графики, абсолютно симметричны от оси, что говорит о наличии вихревого движения. Причем эта разность уходит как в минусовую сторону, так и в плюсовую. На Рис. 6 представлены графики зависимостей давлений в вихревой жидкостной трубе с байпасом по тракту вихревой камеры. Аналогичные сравнения графиков по сечениям приводят к тому, что разница по давлениям между сечениями симметричными от оси имеют меньшую разность значений по давлению, чем в первой модели. Это означает, что вихревое движение в вихревой трубе без байпаса более ярко выражено.

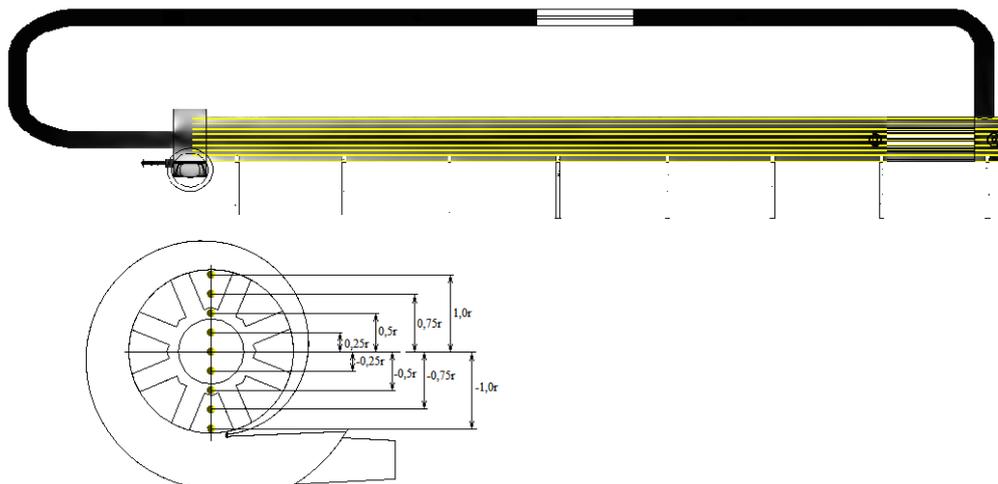


Рис.4. Поперечные сечения в вихревой трубе

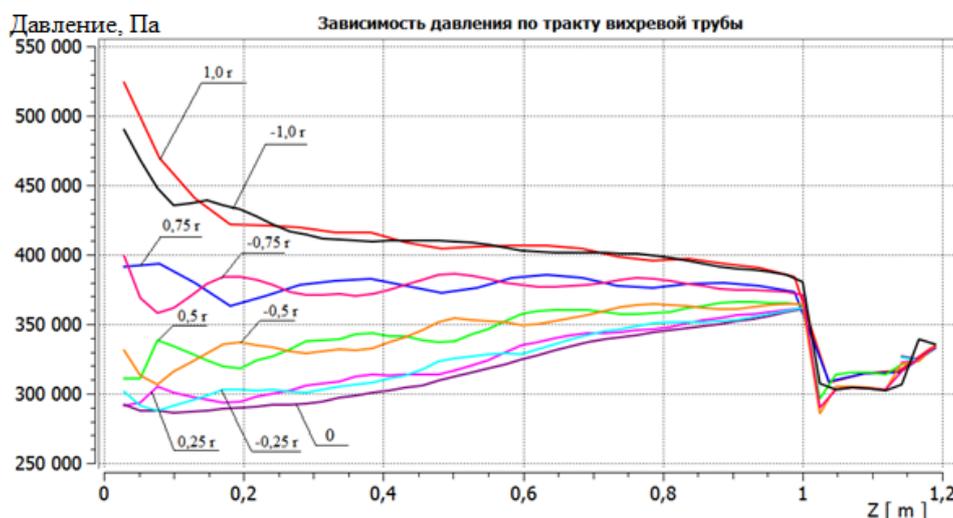


Рис. 5. Зависимость давления в вихревой жидкостной трубе с байпасом по тракту вихревой камеры

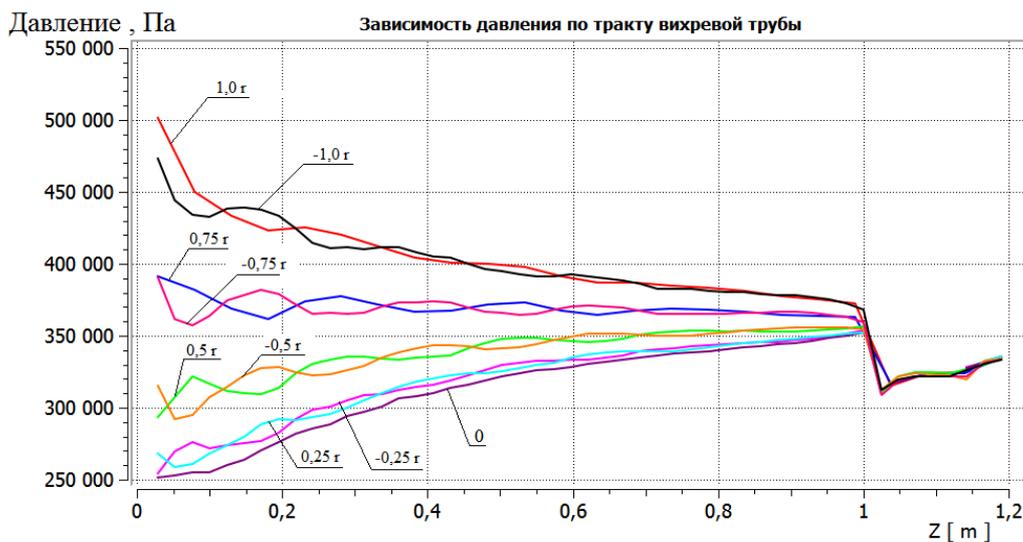
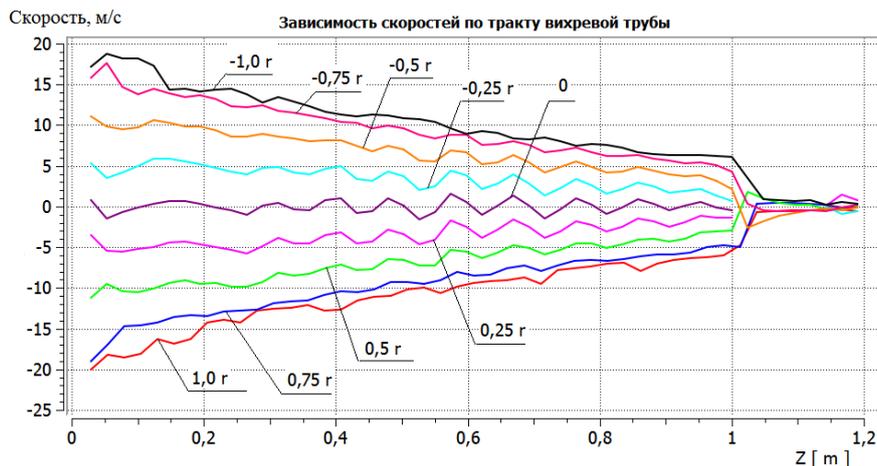
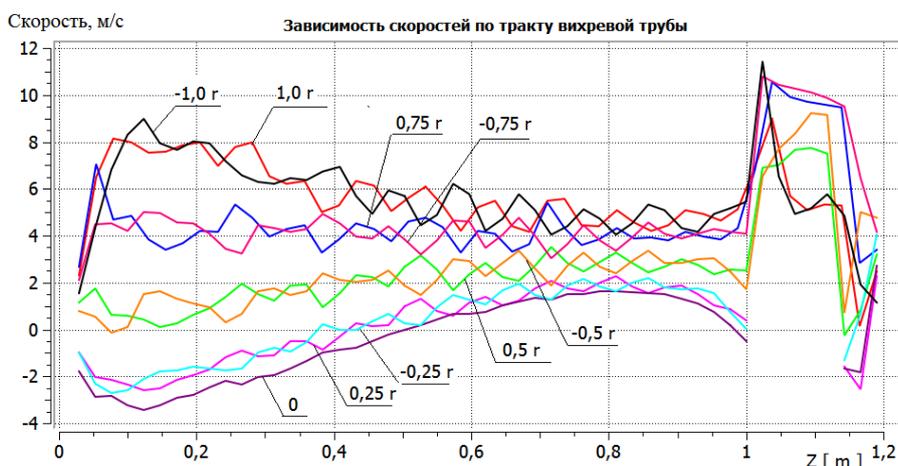


Рис. 6. Зависимость давления в вихревой жидкостной трубе без байпаса по тракту вихревой камеры

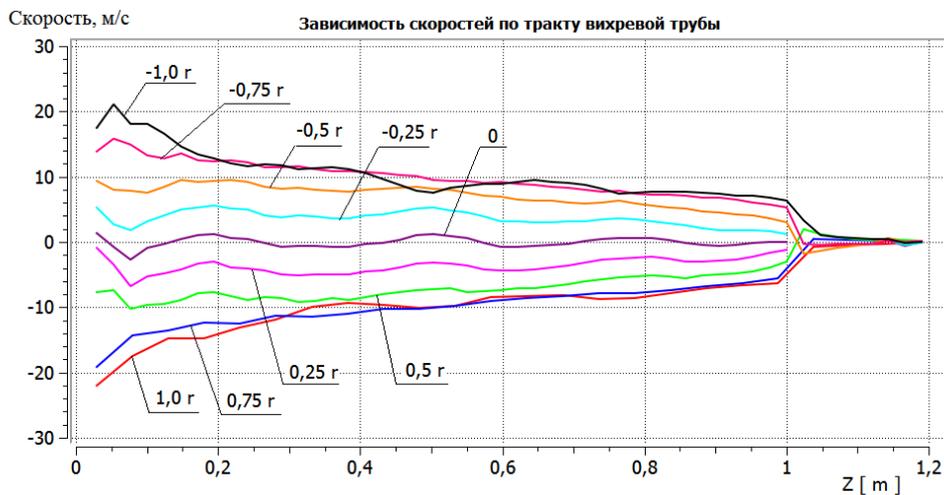


**Рис.7.** Зависимость окружной скорости в вихревой жидкостной трубе без байпаса по тракту вихревой камеры

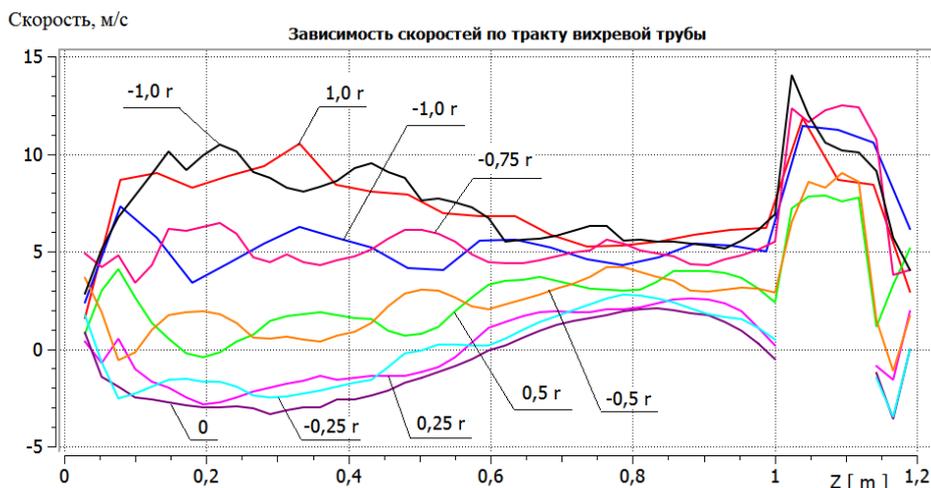


**Рис.8.** Зависимость радиальной скорости в вихревой жидкостной трубе без байпаса по тракту вихревой камеры

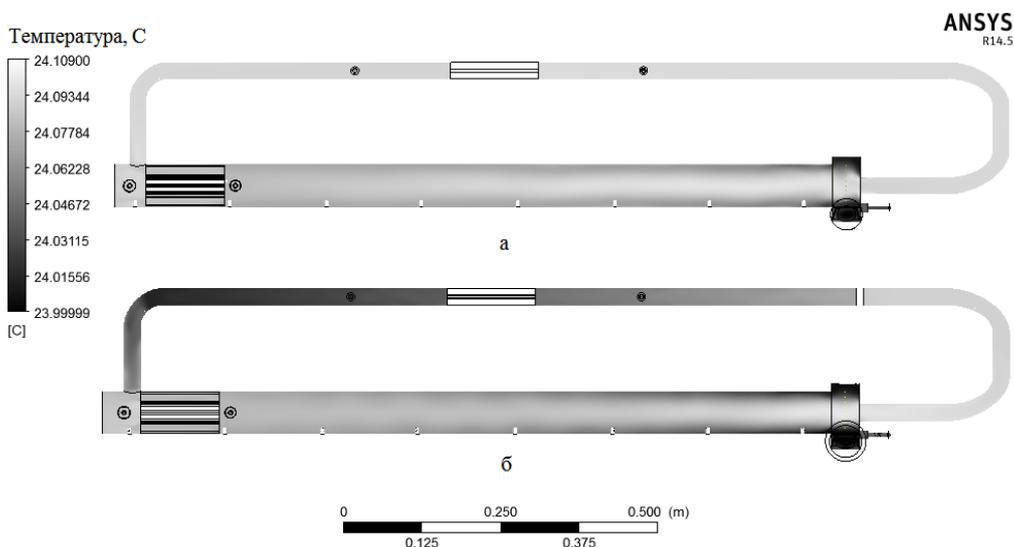
На Рис.6-9 приведены характеры изменения окружной, радиальной составляющих скоростей с байпасной линией и с её исключением. На данных графиках видно влияние введения байпаса на характер движения рабочей жидкости по тракту вихревой трубы (построение вихревого течения).



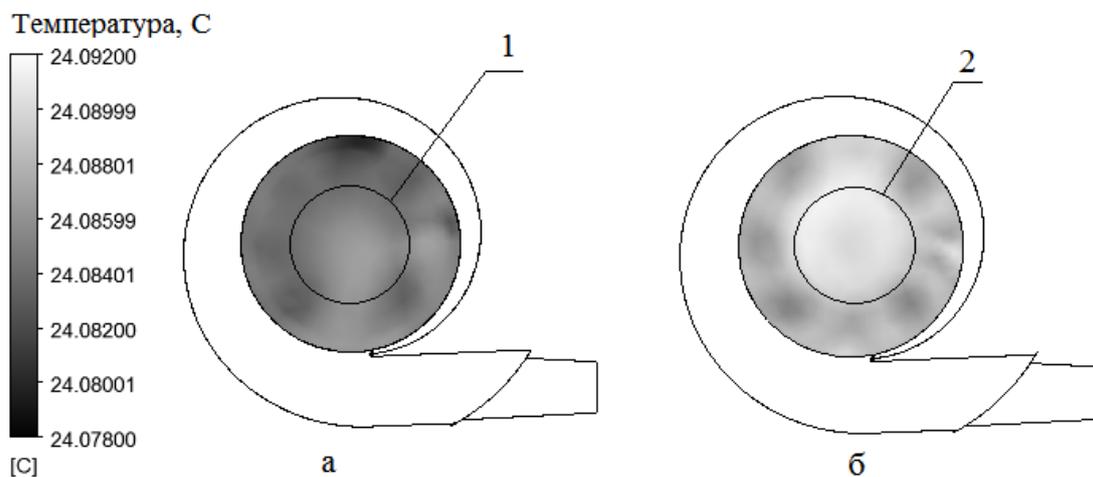
**Рис.9.** Зависимость окружной скорости в вихревой жидкостной трубе с байпасом по тракту вихревой камеры



**Рис.10.** Зависимость радиальной скорости в вихревой жидкостной трубе с байпасом по тракту вихревой камеры



**Рис.11.** Поля температур в вихревой трубе с байпасом (а), без байпаса (б)



**Рис.12.** Поля температур после крестовины (на выходе из вихревой трубы) без байпаса (а), с байпасом (б)

На рис.10, 11 приведены поля температур, которые показывают, что из-за влияния жидкостной струи из байпаса в центральной области трубы энергоразделения наблюдается зона повышенной температуры (зоны 1 и 2 на рис. 11), что и определяет наличие положительной обратной связи (подогретая жидкость пришла через байпас).

#### **Выводы:**

В результате проведенного анализа исследования влияния обратной связи на формирование потока в вихревой камере энергоразделения было выявлено, что вихреобразование лучшим образом происходит в вихревой жидкостной трубе без байпаса, нежели в аналогичной установке с байпасом. То есть можно предположить, что влияние обратной связи носит разрушающий характер. Таким образом, вихреобразование, которое влияет на нагрев рабочей жидкости по тракту в вихревой камере, более стабильно в вихревой жидкостной трубе без байпаса. Однако в вихревой трубе охваченной положительной обратной связью перепуская часть подогретой жидкости после крестовины в центральную часть камеры завихрения в область пониженного давления, наблюдается зона течения в центральной области вихревой камеры энергоразделения. Это способствует повышению эффективности жидкостной вихревой трубы как элемента теплогенератора.

Исследования, проводившиеся на кафедре прикладной гидромеханики, а также экспериментальные работы, проводившиеся на кафедре в данном направлении [3], доказывают, что влияние байпаса на нагрев рабочей жидкости существенно, и использование конструкции вихревой жидкостной трубы с байпасом в вихревом теплогенераторе оправдано.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Патент РФ № 2045715, 10.10.1995. авт.:Потапов Ю.С.
2. Ахметов Ю. М., Калимуллин Р. Р., Целищев В. А. Численное и физическое моделирование течения жидкости в вихревом теплогенераторе // Вестник УГАТУ. 2010. Т. 14, № 4(39). С. 42–49.
3. Ахметов Ю. М., Калимуллин Р. Р., Хакимов Р. Ф., Целищев В. А. Экспериментальные исследования вихревого течения жидкости в теплогенераторе // Вестник УГАТУ, 2011. Т.15, № 4 (44). С. 169–174.

#### **ОБ АВТОРАХ**



ФОТО

**Калимуллин Радик Рифкатович**, к-ттехн. наук, ст. преп. кафедры прикладной гидромеханики Дипл. инж.-техн. (УГАТУ, 2008). Иссл. в обл. высоконапор. многофаз. течения жидкости.

e-mail: [ugatu\\_pgm@mail.ru](mailto:ugatu_pgm@mail.ru)



ФОТО

**Мухаметов Мансур Вазирович**, асп. той же каф. (УГАТУ, 2013). Дипл. бакалавра (УГАТУ, 2011). Дипл. маг. (УГАТУ, 2013) Иссл. в обл. многофазных течений.

e-mail: [mn5r@yandex.ru](mailto:mn5r@yandex.ru)

Фото

**Халиуллин Ильшат Рустамович**, магистрант кафедры прикладной гидромеханики. Дипл. бакалавра (УГАТУ 2013). Иссл. в обл. высоконапор. многофаз. течения жидкости.

e-mail: [ilshat-khaliullin@rambler.ru](mailto:ilshat-khaliullin@rambler.ru)

Фото

**Юнусбаев Денис Ишмуратович**, маг. той же каф. (УГАТУ, 2013). Дипл. бакалавра (УГАТУ, 2013). Иссл. в обл. газогидр. течений и систем упр. энерг. установок.

e-mail: [yunusbaev\\_di@mail.ru](mailto:yunusbaev_di@mail.ru)

УДК 004.415.25

## СИСТЕМА НАДДУВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛИС

Сабангулова Л. Б.

### Введение

Современный подход к проектированию сложных систем заключается в совмещении архитектур ПЛИС и процессоров. При этом происходит органичное дополнение: возможность скоростной обработки данных в реальном времени; реализации узкоспециальных алгоритмов, с жесткими временными диаграммами; большое число пользовательских выводов с широкими возможностями процессоров для решения математических и алгоритмических задач.

### Исследование

Как известно, для увеличения мощности двигателя без увеличения его габаритов используют турбонаддув. При работе двигателя на низких оборотах часто возникает такое явления, как "турбояма"- задержка нарастания давления наддува (недостаток давления). Для борьбы с этим явлением разработана система наддува.

Наряду с простой жесткой связью между турбиной и компрессором, известен подход, при котором в системах наддува для устранения эффекта турбоямы применяют вспомогательные электродвигатели. В данной работе в роли электромашин используются вентильно-реактивные (ВРМ). Эти электромшины представляют собой устройства, работающие за счёт разности в магнитном сопротивлении ротора и статора. Они могут функционировать в режиме генератора и двигателя. Основными достоинствами ВРМ является простота конструкции, долговечность, благоприятная нагрузочная характеристика, хорошая термостойкость, а также экономичность.

Изменяя крутящий момент вращения на валу вентильного реактивного двигателя (ВРД), можно быстро увеличивать количество воздуха, подаваемого в цилиндр. Момент подается на компрессор не только от ВРД, но и механически, через планетарный механизм от турбины. С ней через планетарный механизм связан и вентильно реактивный генератор (ВРГ). Он заряжает аккумулятор, от которого получает энергию ВРД.

Так, схема позволяет гибко перераспределять поток энергии от турбины между аккумулятором и компрессором. Это дает выигрыш в производительности устройства.

Эффективное функционирование ВРМ в широком диапазоне скоростей, возможно лишь при подключении его обмоток к коммутатору токов на базе мощных транзисторов, управляемых логикой, которую обычно реализуют на основе достаточно быстрого программируемого микроконтроллера.

Для управления вентильными реактивными электромашинами нужно подавать сигналы на мощные транзисторы IGBT/MOSFET. Каждой фазой генератора и двигателя управляют по два транзистора. Необходимо устройство, которое бы преобразовывало управляющие сигналы малого напряжения в сигналы большего напряжения, достаточного для управления генератором и двигателем, для этого в устройстве используются драйверы. Сигналы управления формируются в центральном процессоре, затем поступают в программируемые логические схемы (ПЛИС). В разрабатываемом устройстве ПЛИС повышает надежность системы при возможном сбое работы контроллера. Из-за возможной перегрузки по току в системе используются датчики Холла, которые измеряют ток в фазах. Датчики Холла подключены к ПЛИС через триггеры Шмитта. Если выходы сигналов датчиков тока близятся к критическим, то ПЛИС перестают подавать сигналы на силовые транзисторы. Движение ВРМ продолжается по инерции.

Сигналы управления формируются в центральном процессоре, затем поступают на ПЛИС, которые в зависимости от данных датчиков Холла подают сигналы на драйверы. Если показания датчиков тока приближаются к критическим, то ПЛИС перестают подавать сигналы. Использование ПЛИС обусловлено необходимостью обезопасить систему от возможных сбоев в работе контроллера. В данной устройстве ПЛИС необходима для упрощения реализации и создания программы, повышения надежности. Поэтому достаточно использовать простейшую и дешевую микросхему SPLD.

В данной работе с помощью программы WinCUPL, разработанный компанией Logic Devices, запрограммированы ПЛИС, которые подают сигналы на драйверы ВРГ и ВРД.

На входы ПЛИС подается трехбитный управляющий код от микроконтроллера для управления ВРД и двухбитный код – для ВРГ. На входы ПЛИС подаются сигналы stop и логические сигналы с датчиков Холла, равные единице в случае, если ток на соответствующей обмотке превышен. На выходах ПЛИС формируются 8 сигналов для управления ВРД, 2 сигнала – для управления ВРГ.

Смоделированные результирующие выходные диаграммы можно увидеть на рисунке 1. В разработанной программе

- in1, in2, in3 – входные управляющие сигналы;
- dh1, dh2, dh3, dh4 – входные сигналы с датчиков Холла;
- stop – входной сигнал, останавливающий подачу сигналов на драйверы;
- h1, h1... h4, h4 – выходные управляющие сигналы, открывающие либо запирающие силовые транзисторы.

Выходные сигналы подчиняются следующей логике:

```
h1 = !in1 & !in2 & !in3 & !stop & !dh1;  
h1 = !in1 & !in2 & in3 & !stop & !dh1;  
h2 = !in1 & in2 & !in3 & !stop & !dh2;  
h2 = !in1 & in2 & in3 & !stop & !dh2;  
h3 = in1 & !in2 & !in3 & !stop & !dh3;  
h3 = in1 & !in2 & in3 & !stop & !dh3;  
h4 = in1 & in2 & !in3 & !stop & !dh4;  
h4 = in1 & in2 & in3 & !stop & !dh4.
```

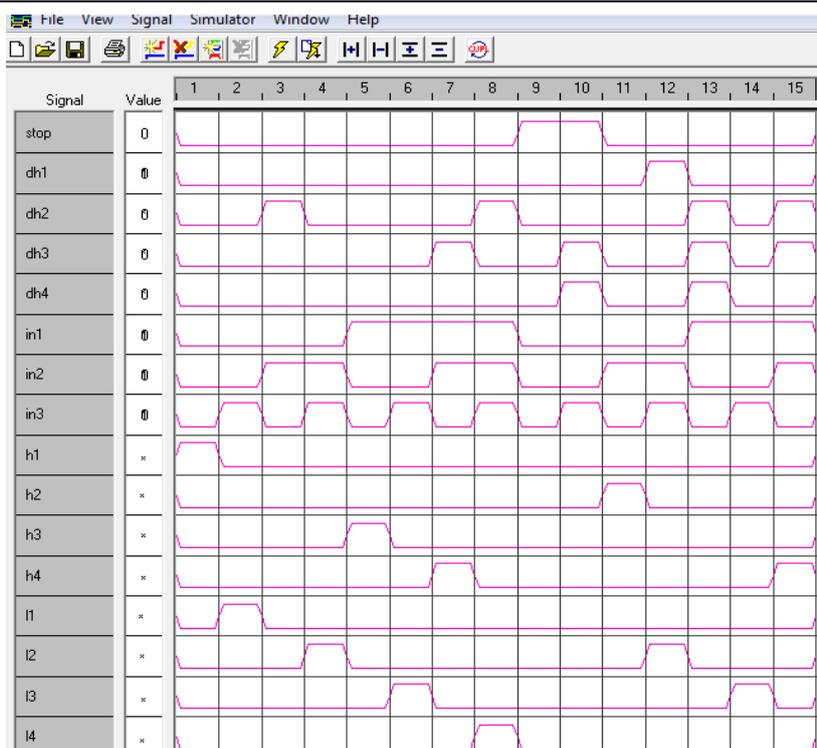


Рис. 1. Выходные сигналы на драйвер управления ВРД

### Вывод

После компиляции программы формируются файл с расширением \*.jed, который в дальнейшем используется для программирования плис с помощью программатора. Программу необходимо преобразовать в формат, воспринимаемый ПЛИС. Универсальный программатор Sterh-007 поддерживает специальный формат JEDEC при работе с PLD.

Наблюдается тенденция к поиску и применению специализированных простых, а значит более надежных систем, которые решали бы сложные задачи. Возможность введения большого числа параллельно работающих операций позволяет получить высокую производительность и надежность. При этом ПЛИС работает по строго заданному алгоритму, а значит нет расходов на оперирование с переменными, передачу и запись их в память.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. High-Perfomance PLD ATF22V10. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheets2/90/904715\\_1.pdf](http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheets2/90/904715_1.pdf).
2. **Корки Б.В.** Турбонаддув. Проектирование, установка и испытание систем турбонаддува – М.: Логос, 1997. – 578 с.
3. **Соловьев С.А.** и др. Логическое проектирование цифровых систем на основе программируемых логических интегральных схем – М.: Центр «Наука и техника», 2008. – 346 с.

### ОБ АВТОРАХ

Фото

**Сабангулова** Лилия Басировна, магистрант первого года обучения ПИ кафедры АСУ УГАТУ, дипл. инж. по вычислительным машинам, комплексам, системам и сетям (УГАТУ, 2013). Исследования в области интеллектуальных систем.

e-mail: [sabangulova.lilia.vm34@mail.ru](mailto:sabangulova.lilia.vm34@mail.ru)

УДК 629

## ПОПЛАВКОВАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ НА ТРЕХКООРДИНАТНОМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ ЭНЕРГИИ КОЛЕБАНИЙ И ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ.

Вавилов В. Е., Якупов А. М., Хакимова И. И.

По статистике, с каждым годом увеличивается потребление электрической энергии, что обуславливает увеличение строительства электростанций (ЭС). В современной энергетике особое внимание уделяется строительству ЭС, которые используют возобновляемые источники энергии, в том числе и ЭС, в которых используются для выработки электроэнергии морские волны. Так авторами предлагается конструктивная схема волновой ЭС, в которой, для преобразования колебаний волн, в качестве генератора предлагается использовать, одновременно, трехкоординатный электромеханический преобразователь колебательной энергии (ТЭПКЭ) и ветроэнергетическую установку (ВЭУ). Одновременное использование ТКЭПЭ и турбины позволит значительно повысить коэффициент полезного действия волновых ЭС.

Для обоснования перспективности одновременного использования энергии турбины и энергии ТКЭПЭ необходимо разработать математический аппарат, описывающий процессы в подобных ЭС.

Для решения данной задачи необходимо рассмотреть характер волн, действующих на волновую ЭС.

Наиболее интересными для альтернативной энергетики являются ветровые и приливные волны, при этом ветровые волны создают наибольшие колебания, поэтому основное внимание уделяется ветровым волнам. Приливные волны обычно воспринимаются в форме периодических колебаний уровня приливов и периодических течений.

Основными параметрами, которые нужны для расчетов и создание математической модели волновой ЭС, являются:

-амплитуда, характеризуется высотой волны( $h$ )

-частота, период волны( $\lambda$ )

-фазовая скорость ( $c_f$ )

-шкала силы (степени) ветрового волнения для прогнозирования мощности и прочностных характеристик и допустимых нагрузок.

Величины соотношений между элементами реальных волн весьма разнообразны. Поэтому при изучении элементов отдельной волны и их изменения часто используется идеализированная волна, в качестве которой выбирается трохоида. Это двумерная волна, частицы которой вращаются по правильным окружностям. При этом частицы, находящиеся на одной вертикали, колеблются синфазно.

Трохоидальный профиль волны заданной высоты и длины можно построить следующим образом. Если окружность радиусом  $R$  (рис. 1) катить по горизонтальной прямой, то конец радиуса описывает циклоиду, а остальные точки радиуса описывают трохойды, соответствующие орбитам с радиусами  $r = h/2$ . Волна полной длины образуется после целого оборота катящейся окружности. Принято окружность радиусом  $R$  называть *катящимся кругом*, а радиусом  $r$  - *производящим кругом*.

Разложив плоское движение на два более простых, запишем уравнения трохоидальной волны:

$$x = c \cdot t; \quad (1)$$

$$y = r \cdot \sin \frac{2\pi ct}{\lambda} \quad (2)$$

где  $r$  – радиус окружности, описывающий в упрощенной схеме радиус кривизны волны,  $c$  – фазовая скорость перемещения гребня волны в направлении ее распространения, определяемая за короткий интервал времени порядка периода волны,  $\lambda$  – длина волны,  $t$  – время.

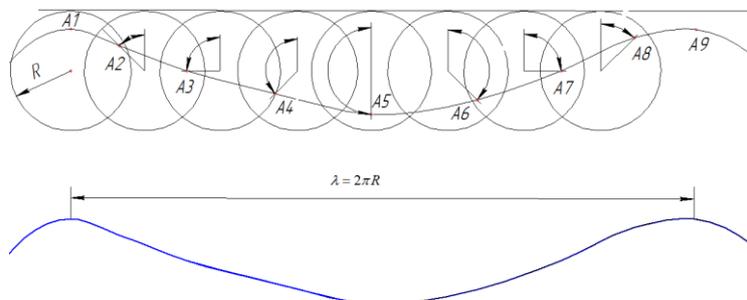


Рис. 1. Схема возникновения трохоиды

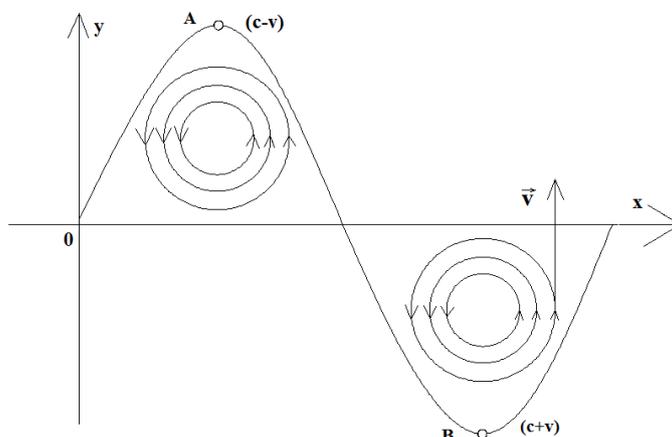


Рис. 2. Схема трохоидальной волны

Предлагаемая конструктивная схема содержит ТКЭПЭ, необходимый для преобразования энергии по поперечной оси, и турбину, которая будет преобразовывать энергию потока воздуха, возникающий из-за перепада уровня воды в рабочем органе (рис. 3).

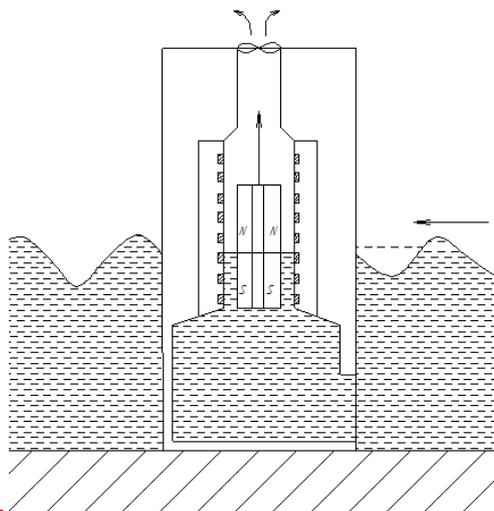


Рис. 3. При подъеме уровня воды в рабочем органе установки

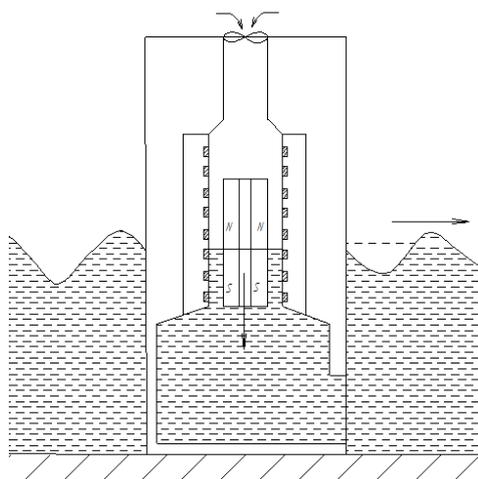


Рис. 4. При понижении уровня воды в рабочем органе установки

Принимается, что уровень воды в рабочем теле меняется по уравнению волны и поплавки движется по этому же уравнению, совершая гармонические колебания.

При использовании ТКЭП решающее значение имеет скорость изменения положения поплавка волновой ЭС. Это также важно для ВЭУ, которая воспринимает энергию ветряного потока, так как мощность, вырабатываемая ветровыми установками, зависит от скорости ветра. В расчетной формуле, при дифференцировании исходного уравнения движения поплавка, имеем:

$$c = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi} + \frac{2\pi\sigma}{\rho\lambda}}; \quad (3)$$

$$\frac{dy}{dt} = r \cdot \frac{2\pi c}{\lambda} \cdot \cos \frac{2\pi ct}{\lambda}. \quad (4)$$

где  $g$  – гравитационная постоянная,  $\sigma$  – поверхностное натяжение воды,  $\rho$  – плотность воды.

Полученные уравнения движения поплавка (3) и (4) позволяют построить зависимость фазовой скорости от длины волны (рис. 5).

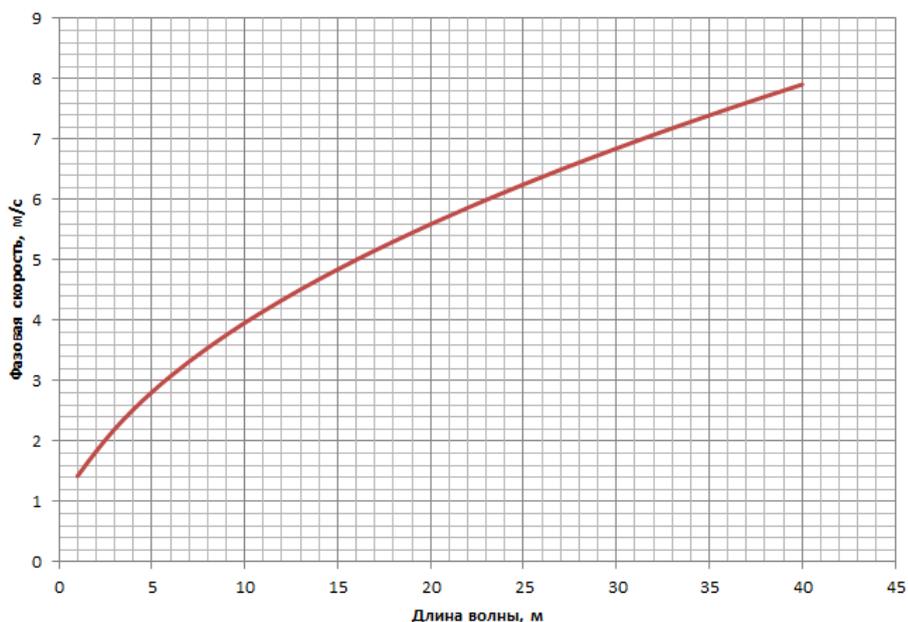


Рис. 5. Зависимость фазовой скорости от длины волны.

Из полученной зависимости видно, что с увеличением длины волн повышается фазовая скорость, тем самым увеличивая электрическую мощность, вырабатываемой поплавковой установкой.

Сила, действующая на поплавок, сила Архимеда, которая не имеет постоянную величину и меняется по уравнению волны. Отсюда можно принять, что сила, действующая на поплавок, будет равна произведению ускорения волны на массу поплавка:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = r \cdot \frac{4\pi^2 c^2}{\lambda^2} \cdot \sin \frac{2\pi ct}{\lambda}; \quad (5)$$

$$F_y(t) = m \frac{d^2 y}{dt^2} = m \cdot r \cdot \frac{4\pi^2 c^2}{\lambda^2} \cdot \sin \frac{2\pi ct}{\lambda}. \quad (6)$$

Тогда с учетом модели, полученной авторами для ТКЭПЭ, определяется математическая модель КПУ (колебательной поплавковой установки):

$$mq^2 x = C_1 i - C_2 x - \Delta F + \Delta F_y + \frac{\gamma_0 \frac{T_0 + C}{T + C} \left( \frac{T}{T_0} \right)^{\frac{3}{2}} S \pi^2 R q x}{\delta}; \quad (7)$$

$$L_x q i_x + C_1 q x + i_x r = U_{mx} \sin \alpha t; \quad (8)$$

$$mq^2 y = C_1 i - C_2 y - \Delta F + \Delta F_y + \frac{\gamma_0 \frac{T_0 + C}{T + C} \left( \frac{T}{T_0} \right)^{\frac{3}{2}} S \pi^2 R q y}{\delta}; \quad (9),$$

$$L_y q y + C_1 q y + i_y r = U_{my} \sin \alpha t; \quad (10)$$

$$mq^2 z = C_1 i - C_2 z - \Delta F + \Delta F_y + \frac{\gamma_0 \frac{T_0 + C}{T + C} \left( \frac{T}{T_0} \right)^{\frac{3}{2}} S \pi^2 R q z}{\delta}; \quad (11)$$

$$L_z q i_z + C_1 q z + i_z r = U_{mz} \sin \alpha t; \quad (12)$$

где  $L$  – индуктивность;  $i$  – сила тока;  $\Delta F$  – результирующее изменение силы воздействия на стержень;  $\Delta F_x, \Delta F_y$  – изменение силы воздействия на поплавок соответственно по оси  $x$  и  $y$ ;  $q = \frac{d}{dt}$  – оператор дифференцирования;  $x$  – расстояние, пройденное активной частью ТКЭП за период колебаний;  $Q$  – внешние силы;  $r$  – сопротивление обмотки;  $U_m$  – напряжение на обмотках;  $C_1 = k_1 \frac{2\mu_0 I F_M w}{\pi k_\mu a}$ ,  $C_2 = k_2 \frac{2\mu_0 I F_M^2}{\pi k_\mu a d}$  – конструктивные коэффициенты;  $F_M$  – МДС постоянного магнита;  $l_M, d$  – геометрические параметры постоянного магнита;  $a = \frac{1}{\pi} \left( \frac{\mu_0}{\mu} l_M + 2\delta \right)$ ;  $C$  – постоянная Сазерленда;  $T_0$  – температура воздуха в воздушном зазоре в момент запуска генератора;  $\gamma_0$  – кинематическая вязкость воздуха в момент запуска генератора;  $T$  – температура воздуха в момент времени  $t$ ;  $\gamma$  – кинематическая вязкость воздуха в момент времени  $t$ .

Для составления расчетной модели потока воздуха нужно определить скорость подъема воздуха, принимая следующие допущения:

– поток воздуха имеет ламинарный характер

- сопротивление колебательного элемента потоку воздуха отсутствует
- сопротивление стенок отсутствует
- вода внутри рабочего тела принимается в качестве идеального поршня.

1. Уравнение, по которому движется фактический поршень:

$$\frac{dy}{dt} = r \cdot \frac{2\pi c}{\lambda} \cdot \cos \frac{2\pi ct}{\lambda}; \quad (13)$$

Мощность ветрового потока:

$$P = \frac{\rho \cdot U^3 \cdot S}{2} = \frac{8 \cdot \rho \cdot r^3 \cdot \pi^3 \cdot c^3 \cdot S}{\lambda^3} \cdot \cos \frac{2\pi ct}{\lambda}; \quad (14)$$

где  $P$  - мощность ветрового потока,  $\rho$  – плотность воздуха,  $S$  - поперечное сечение потока воздуха,  $U$  – скорость потока воздуха.

Современные ВЭУ способны преобразовывать только около 25% полной мощности воздушного потока в полезную мощность, поэтому:

$$P = 0,25 \frac{8 \cdot \rho \cdot r^3 \cdot \pi^3 \cdot c^3 \cdot S}{\lambda^3} \cdot \cos \frac{2\pi ct}{\lambda} = \frac{2 \cdot \rho \cdot r^3 \cdot \pi^3 \cdot c^3 \cdot S}{\lambda^3} \cdot \cos \frac{2\pi ct}{\lambda}; \quad (12)$$

В турбине, из-за перемены направления потока ветра, применяется система клапанов, чтобы не возникал переходный процесс (рис. 6).

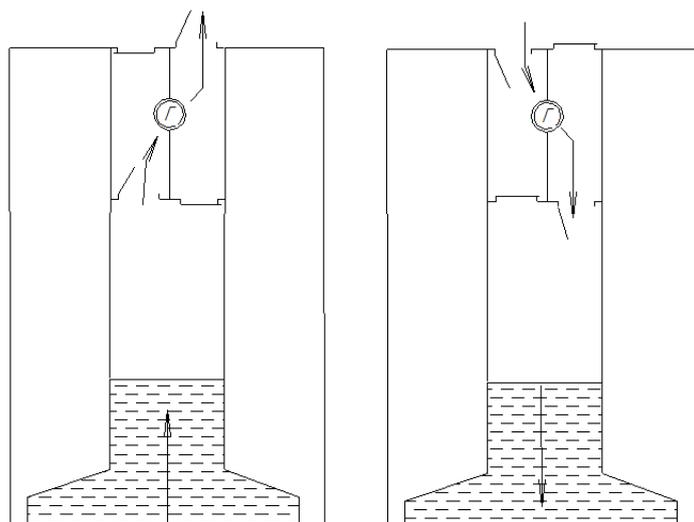


Рис. 6. Направление потока ветра в рабочем органе

Таким образом, в работе представлено описание оригинальной конструкции волновой ЭС, которая может быть использована на практике.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://sibac.info/14017>
2. Л. А. Островский. Волны на поверхности жидкости // Физическая энциклопедия / Д. М. Алексеев, А. М. Балдин, А. М. Бонч-Бруевич, А. С. Боровик-Романов, Б. К. Вайнштейн,
3. <http://www.science-education.ru/109-9366>
4. Хайруллин И.Х., Риянов Л.Н., Вавилов В. Е. Трехкоординатный колебательный электромеханический преобразователь энергии // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5. - URL: <http://www.science-education.ru/105-7245> (дата обращения: 17.04.2013)

5. **Исмагилов Ф.Р., Хайруллин И.Х., Саттаров Р.Р., Риянов Л.Н.** Генератор : патент России № 2402142. Бюл. № 21 (II ч.)

#### ОБ АВТОРАХ



**Вавилов Вячеслав Евгеньевич**, к.т.н., ст. преподаватель каф.электромеханики УГАТУ, дипл. Инженера электромеханика (УГАТУ, 2010). Исследования в области высокоэффективных электромеханических преобразователей энергии

e-mail: [s2\\_88@mail.ru](mailto:s2_88@mail.ru)



**ЯкуповАйнурМахмутович**, студент каф. Электромеханики УГАТУ. Исследования в области современных электромеханических преобразователей энергии.

e-mail: [aynurpov@mail.ru](mailto:aynurpov@mail.ru)



**Хакимова Ирина Ильдусовна**, магистрант каф.электромеханики УГАТУ, дипл. Инженера, «Электроэнергетические системы и сети» (УГАТУ, 2013). Исследования в области альтернативных и возобновляемых источников энергии.

e-mail: [sireo@rambler.ru](mailto:sireo@rambler.ru)

УДК 04.942

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПЕРЕЕЗДА НА БИРСКОМ ТРАКТЕ Г. УФА

**Мавлиханова А. Ф., Загайко С. А.**

Современное общество нуждается в постоянном увеличении объема транспортного сообщения, повышении его надежности, безопасности и качества. Обостряющиеся дорожные пробки привели к необходимости увеличения затрат на улучшение инфраструктуры транспортной сети, превращая ее в гибкую, высокоуправляемую логистическую систему. Данный вопрос важен на современном этапе, так как игнорирование этой проблемы приведет к частому образованию транспортных пробок, перегрузке/ недогрузке отдельных линий и узлов сети, повышению уровня аварийности, повышенному расходу топлива, экологическому ущербу.

Основным параметром транспортной системы, определяющим ее эффективность, является пропускная способность. В связи с этим повышение пропускной способности улично-дорожной сети (УДС) городов является актуальной в научном и практическом плане задачи.

Целью данной статьи является определение путей повышения пропускной способности вышеуказанного железнодорожно-дорожного переезда путем создания так называемого «резинового» моста, покрытие которого выполнено с добавлением резиновой крошки, получаемой из отслуживших свой срок резиновых покрышек автомобилей, а так же их утилизация.

Для решения поставленной цели необходимо было выполнить следующие задачи:

- 1) математическое имитационное моделирование данного проблемного участка;
- 2) 2D и 3D проектирование перекрестка;
- 3) оценить необходимость «резинового» моста на Бирском тракте.

На сегодняшний день существует множество методов оценки пропускной способности УДС. В данной статье для этой цели был использован метод имитационного моделирования – метод, позволяющий описывать процессы так, как бы они проходили бы в действительности. Их можно «проиграть» во времени как для одного испытания, так и заданного их множества. При этом результаты будут определяться случайным характером процессов (иметь стохастические параметры, которые во времени бы изменялись случайным образом). Имитационное моделирование - это метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью с достаточной точностью, описывающей реальную систему, и с ней проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе без проведения натуральных экспериментов. Экспериментирование с имитационной моделью называют имитацией. С помощью имитационного моделирования можно проанализировать дорожно-транспортную обстановку не только на основе усредненных данных, но и учитывая ряд особенностей, характерных именно для заданного транспортного потока. Так же имитационное моделирование позволяет имитировать поведение системы во времени. При этом временем в модели можно управлять: замедлять в случае с быстропротекающими процессами или ускорять для моделирования систем с медленной изменчивостью.

В качестве инструмента для имитационного моделирования проблемного участка – железнодорожного переезда на Бирском тракте было использовано программное обеспечение (ПО) AnyLogic, разработанное российской компанией «XJ Technologies» («Экс Джей Технолоджис»).

Как всем известно, ПО AnyLogic помогает проверять работоспособность станций малого кольца Московской железной дороги, с ее помощью моделировались пассажиропотоки на вокзалах к Олимпиаде Сочи – 2014, а так же избавляет Эйфелеву башню от туристических пробок.

Инструмент поддерживает все существующие методы имитационного моделирования и имеет мощную библиотеку для моделирования движения поездов и автомобилей [1].

Создание имитационной модели железнодорожного перекрестка на Бирском тракте на основе анализа статистической информации позволит демонстрировать, а так же прогнозировать ситуацию на данном участке.

На Бирском тракте в течение 1 часа поезд проезжает примерно 4 раза. После того, как опускается шлагбаум, на каждой полосе дороги собирается примерно по 188 автомобилей  $((53+40+50+45)*2)$ , что приводит к дорожной пробке.

В данном проекте был применен метод дискретно-событийного моделирования, с помощью которого имитировалось движение поездов и автомобилей.

На рис. 1 и 2 приведены скриншоты экрана 2D – моделирования железнодорожного переезда и автомобильной дороги без переезда соответственно. Автомобильная дорога без переезда имитировала движение автомобилей по мосту. В первом случае при появлении поезда закрывался шлагбаум и автомобили собирались перед переездом. Количество собирающихся автомобилей при моделировании подбиралось таким же, как это происходило в реальности. Во втором случае автомобили свободно проезжали без железнодорожного переезда. При этом распределение плотности потоков автомобилей менялось, что иллюстрируют гистограммы в левом верхнем углу экранов.

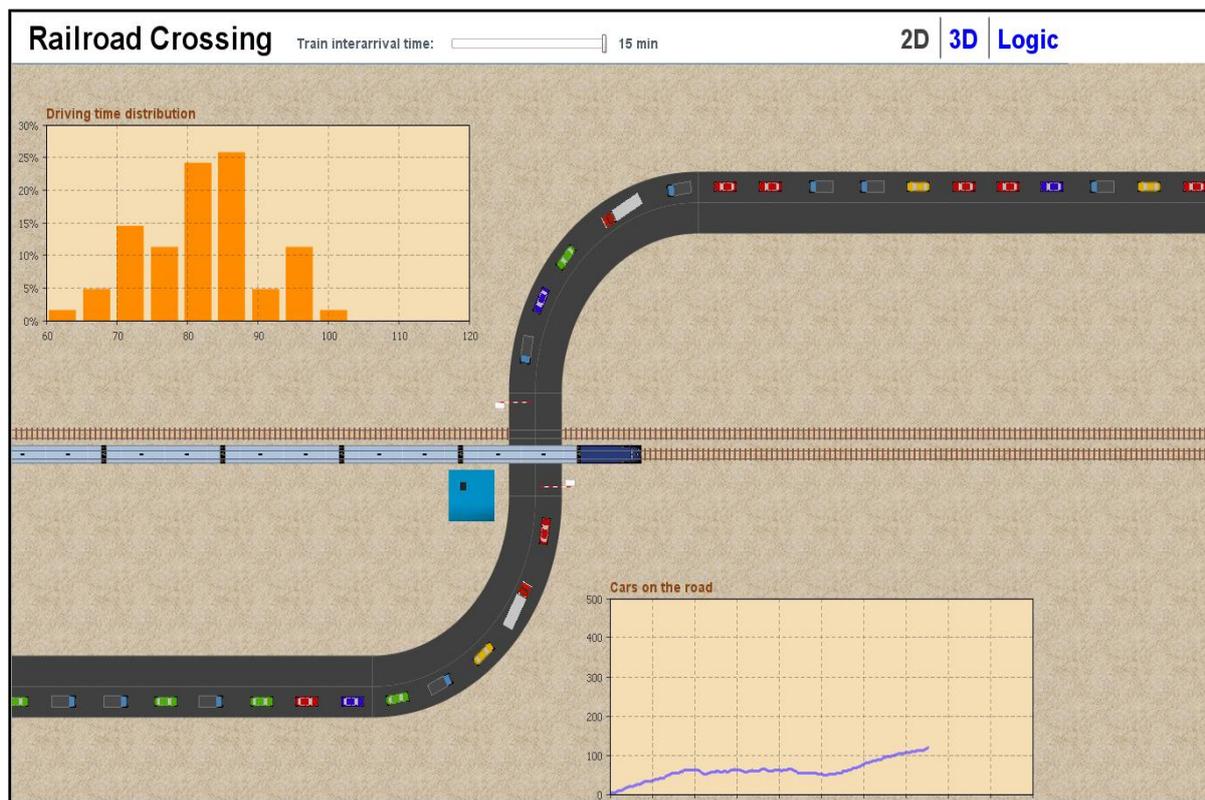


Рис. 1. 2D – моделирование железнодорожного переезда

Для более наглядного представления ситуации ПО AnyLogic позволяет показать процесс в трехмерно изображении. На рис. 3 и 4 приведено 3D-моделирование железнодорожного переезда и автомобильной дороги с условным мостом соответственно.

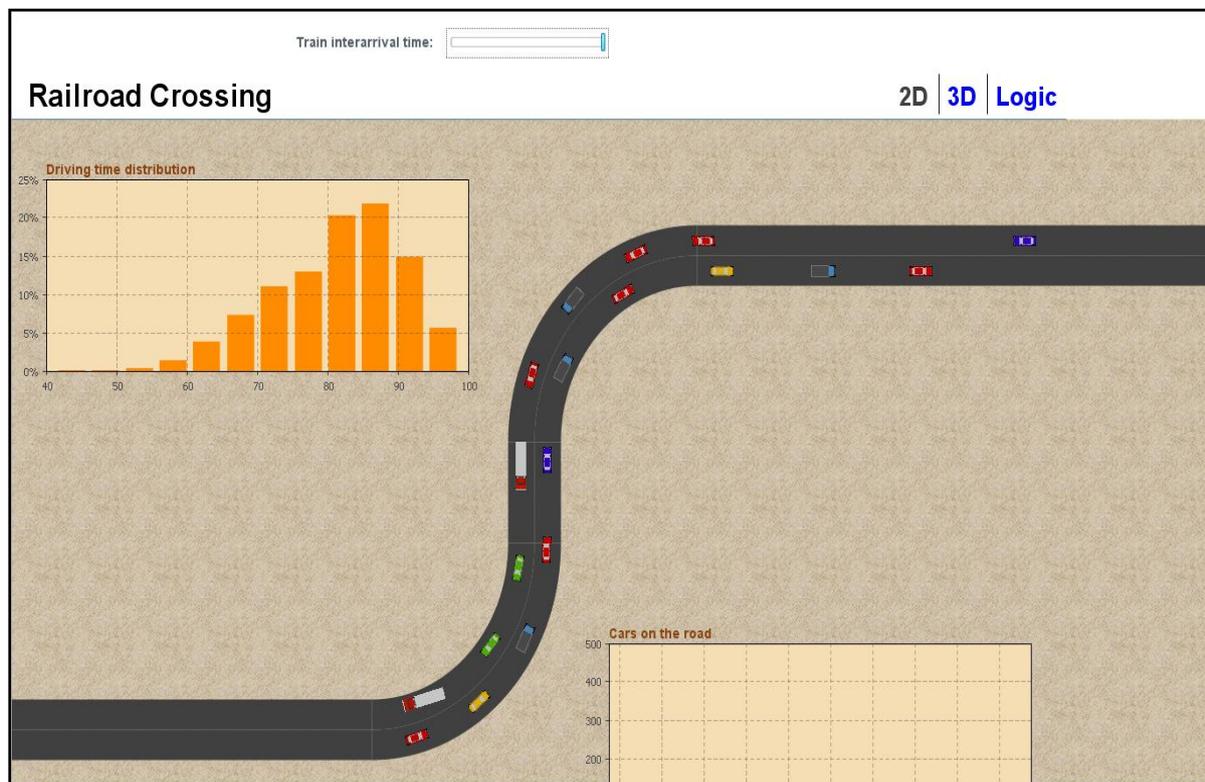


Рис. 2. 2D – моделирование автомобильной дороги с условным мостом



Рис. 3. 3D – моделирование железнодорожного переезда



Рис. 4. 3D – моделирование автомобильной дороги

На рис. 5 и 6 приведены логические схемы железнодорожного переезда и автомобильной дороги с условным мостом.

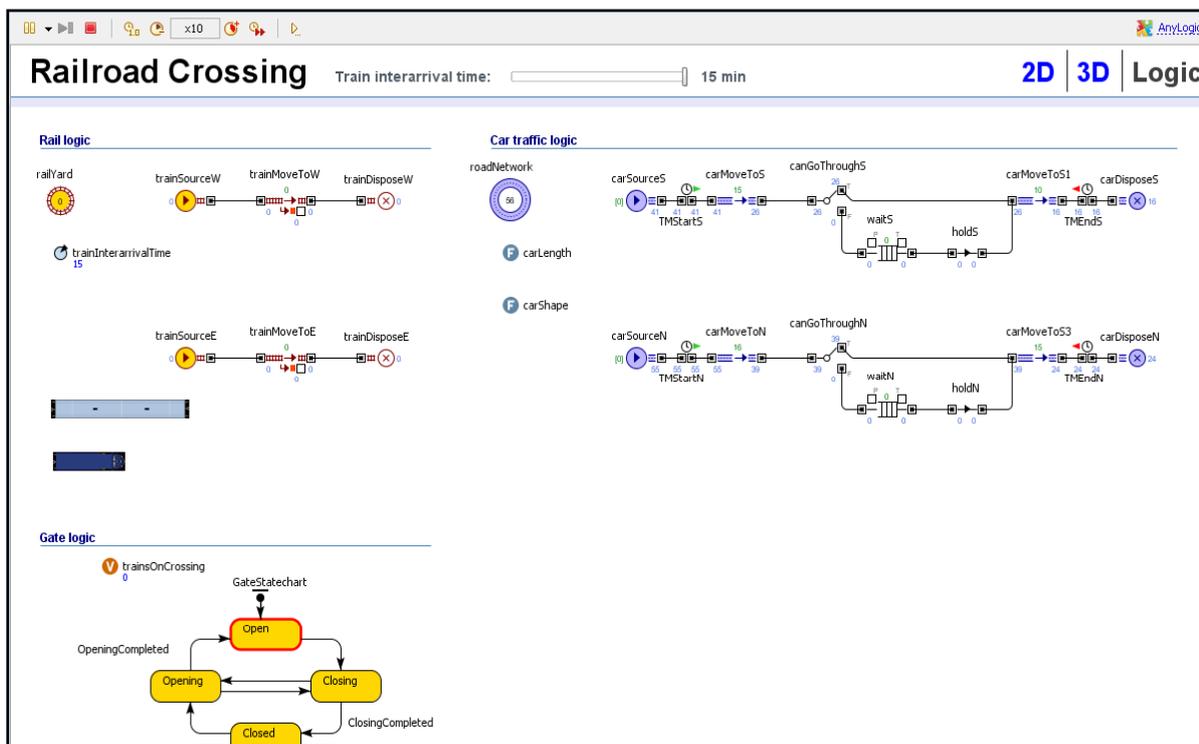


Рис. 5. Логическая схема железнодорожного переезда



Рис. 6. Логическая схема автомобильной дороги с условным мостом

В результате проведенного анализа были выявлены причины возникновения заторов. Основной причиной их возникновения является снижение пропускной способности. Именно остановка на светофорном объекте вызывает возникновение так называемых «ударных волн» в потоке.

Основная причина возникновения ударной волны – запрещающий сигнал светофора на перекрестке. При недостаточной длительности разрешающего сигнала на подходе начинает накапливаться очередь. Это является причиной возникновения заторов и снижения пропускной способности перекрестка.

Таким образом, предложенная модель является эффективным инструментом в процессе моделирования ударных волн при движении транспортного потока с целью формирования управляющих воздействий на транспортный поток. Результаты моделирования проверены на Бирском тракте г. Уфа.

Предполагая, что изменение количества автомобилей во времени на всем исследуемом участке зависит от интенсивности транспортного потока (ТП) на входе на участок и его выходе, получена зависимость изменения плотности транспортного потока:

$$Dn = (N(x1) - N(x2)) - Dt,$$

где  $Dn$  – величина изменения количества автомобилей, находящихся на подходе, авт.;

$N(x1)$  – интенсивность ТП на входе в исследуемый участок, авт./км;

$N(x2)$  – интенсивность ТП, ожидающего прохождение поезда, авт./час;

$M$  – длина исследуемого подхода к перекрестку, км;

$Dt$  – период времени, за который происходит изменение плотности ТП, час.

$Dn = 118 - 55 - 4 = 59$  (1-й случай),

$Dn = 118 - 0 - 4 = 114$  (1-й случай),

$Dn = 133 - 77 - 4 = 52$  (2-й случай),

$Dn = 133 - 0 - 4 = 129$  (2-й случай).

Очевидно, что реализация внедрения «резинового» моста позволит повысить пропускную способность автомобилей на данном участке дороги, как следствие, повысит эффективность ее функционирования примерно в 2 раза.

Создание на данном участке дороги «резинового» моста решило бы сразу две огромные задачи. Резиновая крошка не боится влаги, температурных режимов, размораживания. Использование подобной смеси позволит не усугубить состояние окружающей среды за счет сокращения старых использованных покрышек. Есть еще один положительный момент: считается, что добавление резины в асфальт позволит удлинить жизнь дороге и уменьшить шум на ней.

Возникает вопрос: «Где производить утилизацию автопокрышек?». На ул. Индустриальное шоссе, 112/1 расположено предприятие ООО «Вертикаль», которое как раз находится рядом с самим Бирским трактом.

Использование новинки, то есть поднятие трассы привело бы к снижению пробок, сокращению светофоров, а самое главное – повышению пропускной способности данного перекрестка и, как следствие, утилизации старых автопокрышек.

**P.S.** Когда готовилась эта статья в Интернете появилась сообщение [2], что в Уфе на пересечении Бирского тракта с железнодорожными путями построят новую транспортную развязку. Заказ на выполнение работ разместило управление по строительству и ремонту дорог и искусственных сооружений администрации города. На эти цели власти готовы потратить почти 1,6 миллиарда рублей из местного бюджета.

Через железнодорожные пути подрядчик должен проложить путепровод. На нем будет 7 полос движения. Расчетная скорость составит 100 километров в час.

Помимо этого будет построена 6-ти полосная автомобильная дорога. Ее протяженность составит почти 2,5 километра. Работы подрядчик должен завершить до 1 декабря 2015 года.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.anylogic.ru>
2. <http://news.mail.ru/inregion>

**ОБ АВТОРАХ**

**Мавлиханова Алсу Фанилевна**, студент каф. авиац. двигателей УГАТУ, гр. ТТП – 302.



**Загайко Сергей Андреевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры "Двигатели внутреннего сгорания" УГАТУ

УДК 629.1

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ  
И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ВХОДЕ ВИХРЕВОГО РЕГУЛЯТОРА  
НА ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ**

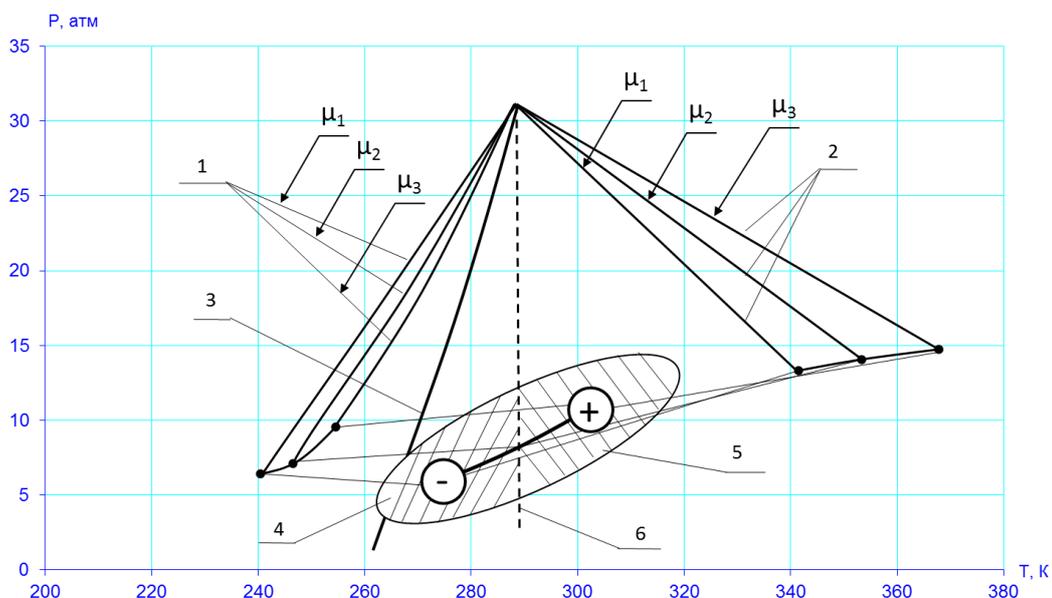
**Зангиров Э. И., Мухаметов М. В., Свистунов А. В.,  
Хакимов Р. Ф., Халиуллин И. Р., Юнусбаев Д. И**

Опыт транспортировки газовых топливопродуктов по магистральным трубопроводам с передачей части газа потребителям с разным уровнем давления потребляемого газа по пути следования газопровода показывает острую необходимость решения проблемы уменьшения степени охлаждения газового продукта при дросселировании его давления [1].

Существующий настоящее время способ подогрева газа перед дросселированием давления за счет сжигания части транспортируемого газа в специальных подогревателях является затратным (т.к. не реализуется в товарном обороте сжигаемая часть газа, а подогреватели дороги и нуждаются в ежегодном дорогом ремонте) и экологически «грязным» (т.е. выбрасывается в атмосферу большое количество тепла энергетически нереализуемого и не компенсированного). Эта проблема усугубляется в связи с устойчивой и понятной тенденцией увеличения давления транспортируемого газа до 10 МПа и более.

Над решением указанной проблемы отрицательного эффекта захлаждения газа при дросселировании с 2000 г. занимаются научно-технические коллективы ОАО НИИТ и кафедры ПГМ УГАТУ. В 2003 г. впервые была показана возможность использования эффекта дросселирования давления газа с помощью вихревых течений газа, которые вызывают температурную стратификацию разделяемых вихрями потоков.[2]

Физическая сущность процесса дросселирования вихревыми потоками со сравнительным анализом с обычным дросселированием показана на рис. 1.



**Рис. 1.** P-T диаграмма распределения температур потоков газа после вихревой трубы при  $\mu_1 < \mu_2 < \mu_3$  и кривой Джоуля-Томсона

1 – изменение параметров "холодного" потока вихревой трубы при  $\mu = G_{\text{хол}} / G_{\Sigma} = \text{var}$ ,

2 – изменение параметров "горячего" потока вихревой трубы  $\mu = G_{\text{хол}} / G_{\Sigma} = \text{var}$ ,

3 – кривая эффекта Джоуля-Томсона, 4 – зона "захоложения" при смешении «холодного» и «горячего» потоков, 5 – зона подогрева при смешении «холодного» и «горячего» потоков, 6 – линия изотермического процесса смешения «холодного» и «горячего» потоков.

На графике имеются точки смешения потоков вихревой трубы, при котором смесевая температура на выходе может быть:

- ниже температуры после обычного дросселя;
- выше температуры обычного дросселя, но ниже входной температуры;
- равна входной температуре в вихревую трубу;
- выше входной температуры в вихревую трубу.

В работе [3] предлагается ввести понятие вихревой дроссель-эффект  $\alpha_{\text{др-эф}}^{\text{вихр}} = \Delta T_{\text{см}} / \Delta p$ , который показывает приращение температуры газа  $\Delta T_{\text{см}}$  на изменение перепада давления  $\Delta p = p_{\text{вых}} - p_{\text{вх}}$  при редуцировании газа в вихревых устройствах.

Из рис. 1. следует, что при редуцировании газов с помощью вихревых устройств отличие между вихревым дроссель-эффектом и дифференциальным дроссель-эффектом можно разделить на три группы:

1.  $\alpha_{\text{др-эф}}^{\text{вихр}} > \alpha_{\text{дж-т}}$ ;
2.  $\alpha_{\text{др-эф}}^{\text{вихр}} = \alpha_{\text{дж-т}}$ ;
3.  $\alpha_{\text{др-эф}}^{\text{вихр}} < \alpha_{\text{дж-т}}$ ,

что позволяет при  $\alpha_{\text{др-эф}}^{\text{вихр}} > \alpha_{\text{дж-т}}$  организовать процесс квазиизотермического дросселирования газа в ВРД, где  $\alpha_{\text{дж-т}}$  - коэффициент Джоуля-Томсона. При этом необходимо учитывать, что квазиизотермический процесс дросселирования газа реализуется только при  $\alpha_{\text{др-эф}}^{\text{вихр}} > 0$ .

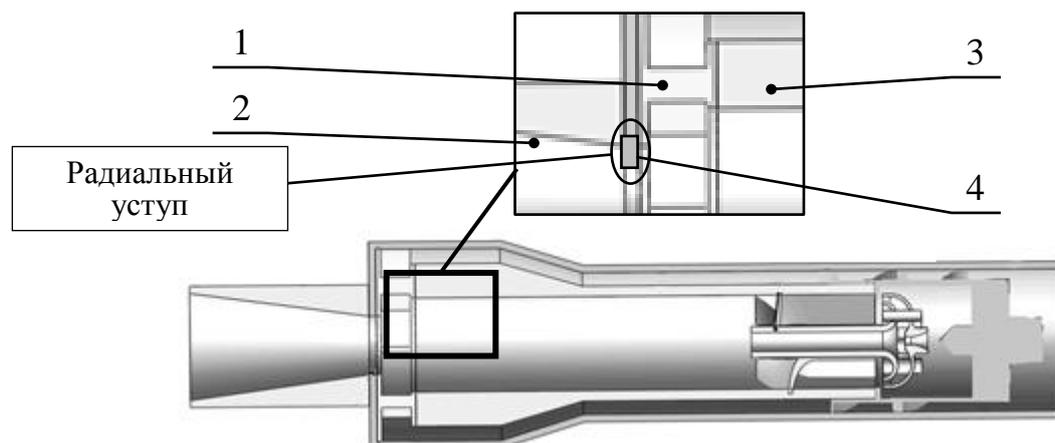
Вышеизложенные исследования позволили разработать экспериментальный образец вихревого регулятора давления (ВРД)[4], принцип работы которого основан на процессах температурной и массовой стратификаций. ВРД позволяет при

дросселировании газа снизить проявление эффекта Джоуля-Томсона, а в некоторых случаях исключить его.

Процесс дросселирования газа в ВРД исследуется с 2003 года А.М. Русаком, Ю.М. Ахметовым, С.В. Гуриным, А.А. Соловьевым, В.А. Целищевым и др.

Как при вихревом дросселировании газов, так и в классическом дросселировании существуют точки (при определенном состоянии и составе газа) при которых температура на выходе из дросселирующего устройства выше входной. Однако, при классическом дросселировании природного газа в ГРС выходная температура всегда ниже. [5]

В работе [6] методом численного моделирования определено влияние проходного сечения диафрагмы на процессы стратификации в ВРД. В ходе исследования в твердотельную модель ВРД, последовательно, устанавливались диаметры диафрагм 30, 40, 50, 60 мм. При уменьшении площади диафрагмы увеличивается радиальный уступ (рис. 2), являющийся местным сопротивлением, уменьшающий расход газа выходящего напрямую из камеры энергетического разделения (КЭР) в диафрагму и, следовательно, увеличивающий перепад давлений в диафрагме. В случае уменьшения диаметра диафрагмы до 30 мм низкотемпературная область перемещается за пределы КЭР и располагается в области выходного устройства. Площадь диафрагмы влияет на структуру потока газа в КЭР и, следовательно, на изменение температуры стенки как вдоль оси трубы, так и в радиальном направлении. Обнаруженные крупные вихревые структуры [7], получаемые в КЭР, способствуют интенсификации температурной стратификации.



**Рис. 2.** Твердотельная модель ВРД:

1 – закручивающее устройство, 2 – диффузор,

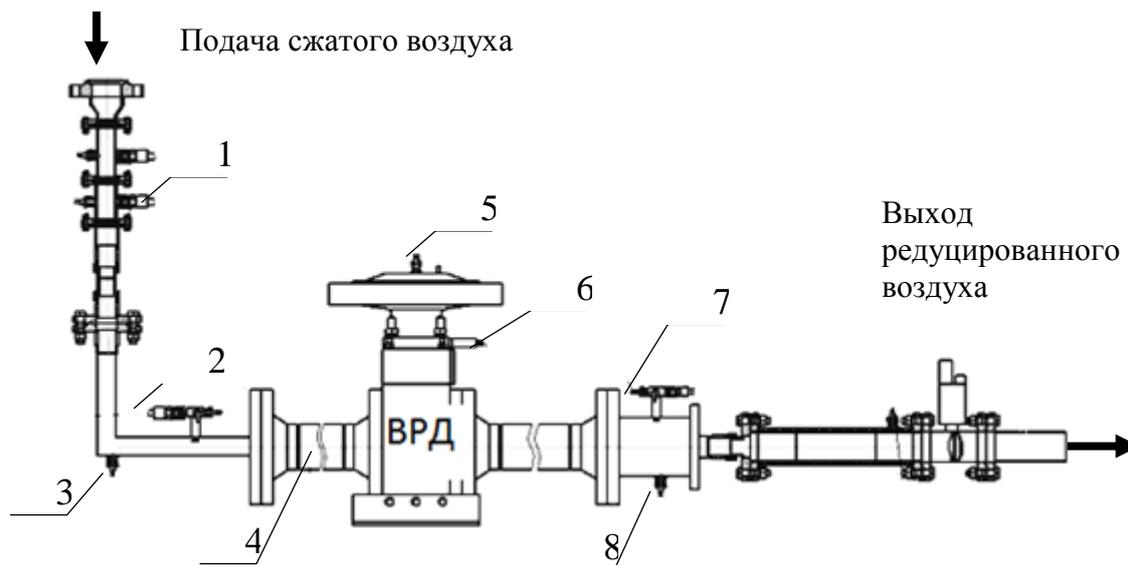
3 – камера энергетического разделения, 4 – диафрагма.

В работе [8] методом численного моделирования исследовано влияние тормозного устройства на структуру потока и параметров ВРД. Результаты расчетов показывают, что наличие тормозного устройства позволяет реализовать раскрутку основного потока и его торможение. В результате взаимодействия потока с лопаточным венцом происходит разделение его на несколько локальных потоков в межлопаточных каналах и торможение потока в окружном направлении до скоростей порядка 15 – 40 м/с в камере торможения с последующим переходом в трубке перепуска в «косое» течение с увеличением потока скоростей до 50-72 м/с.

В работе [9] методом численного моделирования проведен анализ влияния характера смешения стратифицированных потоков на процессы, протекающие в ВРД. Результаты расчетов показывают наличие двух крупномасштабных структур: периферийной крупномасштабной вихревой структуры и центральной крупномасштабной вихревой структуры. Взаимодействие этих структур может определить характер как стратификации, так и процесса перемешивания потоков в ВРД. При этом значительное влияние могут оказывать переменные параметры газовых потоков (давление,

температура) на входе в ВРД, а так же необходимость обеспечения процессов в широком диапазоне входных и выходных параметров на статических режимах работы ВРД. Это вызывает необходимость проведения дополнительных экспериментальных исследований с сопоставлением результатов исследований методом численного моделирования и с проведением верификации как численной, так и физической моделей.

Экспериментальные исследования проведены с помощью автоматизированного измерительного комплекса, разработанного в лаборатории автоматизации экспериментальных исследований УГАТУ. Схема экспериментального стенда изображена на рис. 3.



**Рис. 3.**Схема экспериментального стенда:

1– место установки расходомера; 2, 7 – места установки датчиков давлений на входе и выходе из ВРД соответственно; 3, 4, 8 – места установки датчиков температур; 5 -датчик положения регулирующего клина; 6 – подвод сжатого воздуха для поднятия регулирующих клиньев.

Измеряемые параметры приведены в таблице 1. Для уменьшения теплообмена газа с окружающей средой проведена теплоизоляция трубопроводов. Для имитации изменения расхода потребителя газа использовалась задвижка шибера типа. Управление расходом рабочего тела и записи информации с параметрами(в реальном времени) производилось с помощью компьютера и со специальным программным обеспечением GDUW [10]. Частота записи информации составляет 10 Гц.

**Таблица 1**

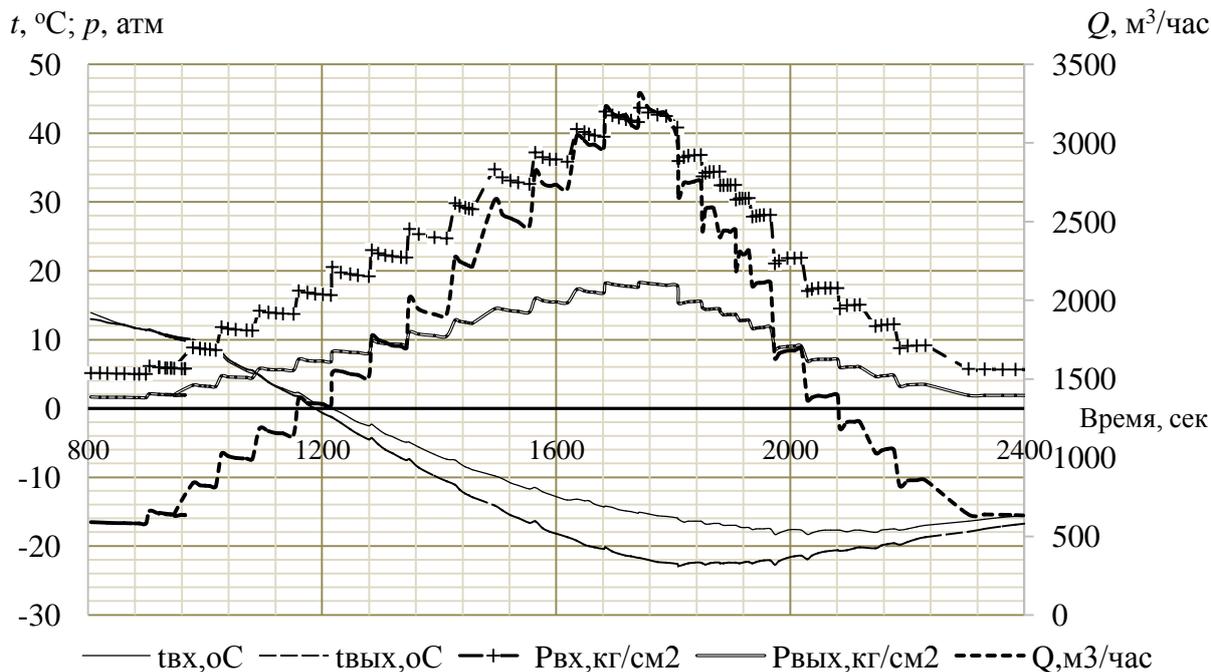
**Измеряемые параметры и датчики измерений**

Измеряемый параметр газа	Датчик	Рабочий диапазон, единица измерения
Температура	Термопара типа К	173 – 473, К
Давление	АИР–10	0 – 6, МПа
Расход	Стандартный мерный участок Э – 273	100 – 30000, м <sup>3</sup> /час

Экспериментальные исследования проводились на сжатом воздухе. Абсолютное входное давление в экспериментах, по методике испытаний, изменялось ступенчато в диапазоне 0,1÷4,4 МПа. Выходное давление – 0,1÷1,8 МПа.

На рис. 5 представлена экспериментальная зависимость изменения параметров ВРД в абсолютных значениях (по температуре  $t_i$  газа – °С, по давлению  $p_i$ -ати и по расходу

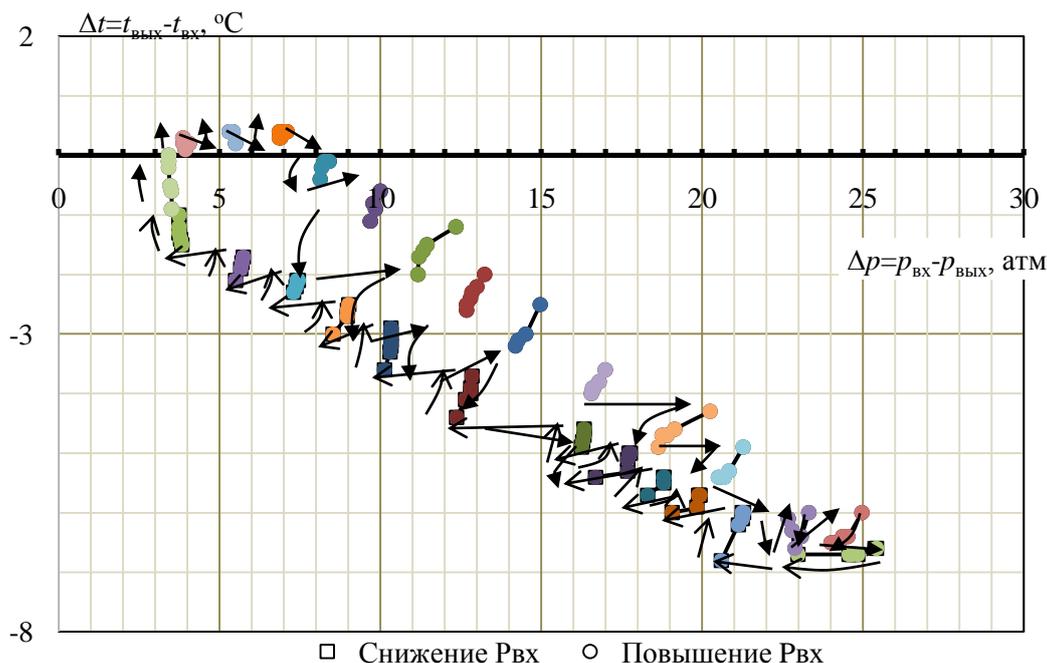
газа  $Q$ —объемный расход воздуха – м<sup>3</sup>/час) при ступенчатом изменении давления на входе в ВРД с помощью изменения положения дросселя (шиберной задвижки) на выходе из ВРД.



**Рис. 5.** График изменения параметров газа по времени при ступенчатом изменении давления на входе в ВРД

$p_{вх}$ ,  $p_{вых}$  — значения избыточного давления на входе и на выходе из ВРД соответственно;  $t_{вх}$ ,  $t_{вых}$  — измерения температуры на входе и на выходе из ВРД соответственно.

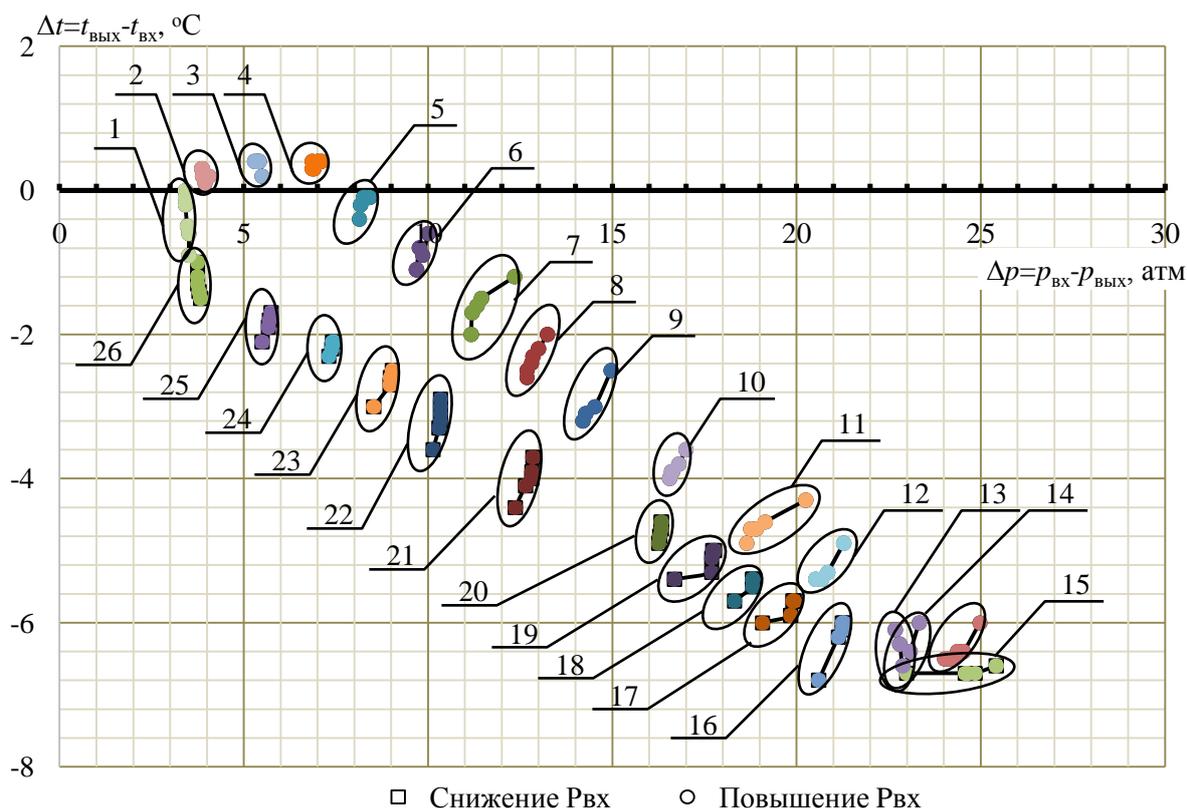
На рис. 6 представлена зависимость параметров воздуха в приращениях  $\Delta t = t_{вых} - t_{вх}$  и  $\Delta p = p_{вх} - p_{вых}$ , на которой стрелками указано направление изменения параметров, что позволяет выделить изменение параметров в процессе поддержания давления на «режимах» («режим» - постоянство параметров:  $p_{вх}$ ,  $p_{вых}$ ,  $Q$ ), а так же переходы «режима» с одного значения  $p_{вх}$ , на другие при ступенчатом увеличении и уменьшении.



**Рис. 6.** Зависимость изменения температуры от перепада давления на ВРД

Баллоны со сжатым воздухом имеют начальное избыточное давление ~20 МПа и дальнейшее редуцирование давления до необходимого уровня (0,1÷4,4 МПа) вызывает снижение входной температуры (до -30 °С) в процессе проведения экспериментального исследования. Расхождение кривых при повышении и снижении давления газа может быть вызвана снижением температуры газа на входе в ВРД.

На рис. 7 показан характер группирования значений изменяемых параметров ( $\Delta t, \Delta p$ ) в соответствии с изменением давления на «режимах», которые позволяют провести графоаналитический анализ зависимостей  $\Delta t = f(\Delta p, p_{\text{вх}}, t_{\text{вх}})$ .



**Рис. 7.** Зависимость изменения температуры от перепада давления на ВРД

График изображенный на рис.7 позволяет выявить зависимость основных параметров газового потока для получения аналитических выражений и закономерностей, которые могут быть использованы для введения эмпирических данных при проведении исследований методом численного моделирования, а так же показывает многофакторность изменения параметров в процессе проведения экспериментальных исследований которую необходимо учитывать при построении аналитических зависимостей.

В ходе экспериментальных исследований показано, что ступенчатое повышение и понижение входного давления газа позволяет выявить зависимость основных параметров газового потока для получения аналитических выражений и закономерностей, которые могут быть использованы для введения эмпирических данных в исследования методом численного моделирования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ионин А. А. Газоснабжение / А. А. Ионин ЭКОЛИТ - Москва, 2011. - 440 с.

2. Исследование и применение вихревых технологий на кафедре ПГМ УГАТУ / Русак А.М., Ахметов Ю.М., Пархимович А.Ю. и др. // Вестник УГАТУ. - 2012. - Т.16, N 2(47). - С.151-162. - Библиогр.: 19 назв.
3. Гурин С.В. Разработка технологии квазиизотермического редуцирования давления для объектов системы транспортировки и распределения природного газа: дис. канд. техн. наук: 05.04.13; [Место защиты: УГАТУ]. – Уфа, 2008. – 112 с.
4. Пат. 2237918 РФ, МПК G05D16/00. Регулятор давления газа с положительной обратной связью (варианты) / Асадуллин М.З., Ахметов Ю.М., Дистанов Р.Ю., Ломоносов В.А., Набиуллин А.Ф., Поликарпов В.Г., Русак А.М., Усманов Р.Р., Юрьев В.Л. (РФ). – 2003114801/28; Заявлено 19.05.2003; Опубл. 10.10.2004. Бюл.28.(НИИТ)
5. Новиков И. И. Термодинамика: учебное пособие для студентов энергомашиностроительных и теплотехнических специальностей втузов, 1-е издание, М: Машиностроение, 1984. -592 с.
6. Численное моделирование процессов температурной стратификации в изотермическом вихревом регуляторе с внутренним смещением / А. В. Свистунов, Ю.М. Ахметов, А.Ю. Пархимович // «Вестник УГАТУ»: Научный журнал Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. УГАТУ. 2010. Т.14. № 2 (37).С. 41–50.
7. Арбузов В.А., Дубнищев Ю.Н, Яворский Н.И. и др. Наблюдение крупномасштабных С структур в вихревой трубке и эффект Ранка // письма в ЖТФ, 1997,т.23, №23.
8. Исследование влияния тормозного устройства на структуру потока и параметры изотермического вихревого регулятора давления / Чиндина А. А., Свистунов А.В., Ахметов Ю.М. и др. // Вестник УГАТУ: Научный журнал Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. УГАТУ. 2011. Т. 14, №4 (44). С. 149 – 153 С.
9. Анализ влияния характера смещения стратифицированных потоков на процессы, протекающие в квазиизотермическом вихревом регуляторе давления газов Зангиров Э.И., Ахметов Ю.М., Юнусбаев Д.И., и др. // Наука – Производству. – Уфа, 2013. – С. 228-237.
10. Экспериментальное исследование рабочих характеристик квазиизотермического регулятора давления газов для ГРП / Юнусбаев Д.И., Ахметов Ю.М., Зангиров Э.И. и др. // Наука – Производству. – Уфа, 2013. – С. 221-228.

#### ОБ АВТОРАХ



Фото

**Зангиров Эрнест Ирекович**, асп. каф. прикл. гидромех. Дипл. бак. гидр., вакуумной и компресс. техники (УГАТУ, 2011), диплом магистра по энерг. машиностроению (УГАТУ, 2013). Иссл. в обл. многофазных течений.

e-mail: [zangirov.ernest@mail.ru](mailto:zangirov.ernest@mail.ru)

УДК 004:665

## МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ НА ПРИМЕРЕ СОЗДАНИЯ ОНТОЛОГИИ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

**Филосова В. К., Шаронова Ю. В.**

В работе представлена технология онтологической организации данных о нефтедобыче и применения полученных результатов для решения задачи эффективного поиска научной информации по указанному направлению. Данная работа выполнена в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы», номер государственного контракта 14.514.11.4098.

Более двадцати лет развиваются процессы построения и использования онтологий в различных отраслях промышленности, в науке и образовании. Однако процесс внедрения онто-технологий проходит с явным замедлением по сравнению с другими информационными технологиями.

Возможность использования знаний предметной области позволяет создавать онтологии, облегчающие взаимодействие специалистов делопроизводства. Онтология представляет собой описание понятий в рассматриваемой предметной области, свойств, описывающих каждое понятие, и ограничений, наложенных на слоты [1]. Онтология вместе с набором индивидуальных экземпляров классов входит в базу знаний интеллектуальной системы. Характерной особенностью онтологий является однородность смысловых связей между входящими в нее понятиями. Однако современные интеллектуальные системы и усложнение структуры предметных областей требуют обеспечения возможности использования разнородных понятий и различающихся по смыслу связей между ними.

Использование методов онтологического подхода позволяет наиболее адекватно оценить и промоделировать процессы в системах управления в конкретных областях и видах деятельности.

Процесс управления, как правило, базируется на некоторой модели управляемого объекта. Использование методов онтологического подхода позволяет наиболее адекватно оценить и промоделировать процессы в системах управления в конкретных областях и видах деятельности. Ниже рассмотрены основные направления исследований в этой области.

Автоматизация получения знаний из разнообразных источников, и их обработка с использованием текстологических методов извлечения знаний рассматривается во многих исследованиях. Для автоматизации процедур анализа текстов предлагается исследовать естественный язык с точки зрения его лексико-грамматических особенностей. Один из таких методов является конфайнмент-моделирования. Сущность данного подхода заключается в выделении основных элементов предметной области и установлении определенной зависимости между ними [2].

Данный метод позволяет унифицировать процесс разработки баз знаний предметных областей на основе онтологий за счёт сочетания методов системного анализа и синтеза, вывода по аналогии, выявления системных триад, использования специальной процедуры мозгового штурма для обеспечения эффективного взаимодействия аналитиков и экспертов, что приводит к снижению временных затрат, а также к упрощению структуры получаемых моделей в сравнении с известными методами построения онтологий.

Существует метод, основанный на применении онтологий предметных областей для решения проблемы поиска информации в Интернете. Для реализации предлагаемого

подхода в работе использована теоретико-модельная формализация онтологий. Для поиска информации в Интернете применены иерархия онтологий предметных областей, онтология Интернет-ресурсов и онтология пользователя [3].

Другим методом является технология использования онтологий внутри корпоративных порталов. Данная технология представляется тем, что ценность корпоративного портала (как и большинства систем управления знаниями) определяется его поисковыми возможностями, которые, могут быть существенно улучшены за счет применения онтологии.

Одним из подходов построения онтологий в нефтяной отрасли является использование в качестве источников концептов специализированных изданий, энциклопедий, учебников, справочников.

Занимательной с точки зрения нахождения особенной (намеченной) информации является подход, представляющих текстовый документ в виде совокупности синтактико-семантических отношений.

Для составления терминологических словосочетаний используют разнообразные анализаторы текста, например, SemLP-технология решает задачи создания аннотирования текста, по ключевым словам [4].

В результате исследования выявлено, что развитие онтологий идет двумя независимыми направлениями, одно рассматривает онтологии как совокупность элементов, связанных по правилам математической логики, второе – по правилам лингвистики и когнитивной науки [5]. На самом деле, каждое из направлений рассматривает лишь один аспект этого вопроса и теперь в силу более глубокого понимания природы такого явления, как онтология, слились воедино.

Построение онтологий может вестись в двух направлениях: одно, как объединение знаний, характеризующее контекст предметной области с разных сторон, и другое – как многоуровневое представление знаний. Второй случай – возможность представить онтологический ресурс, как многоуровневый комплекс, проиллюстрированный применительно к области недропользования, показан на рис. 1.

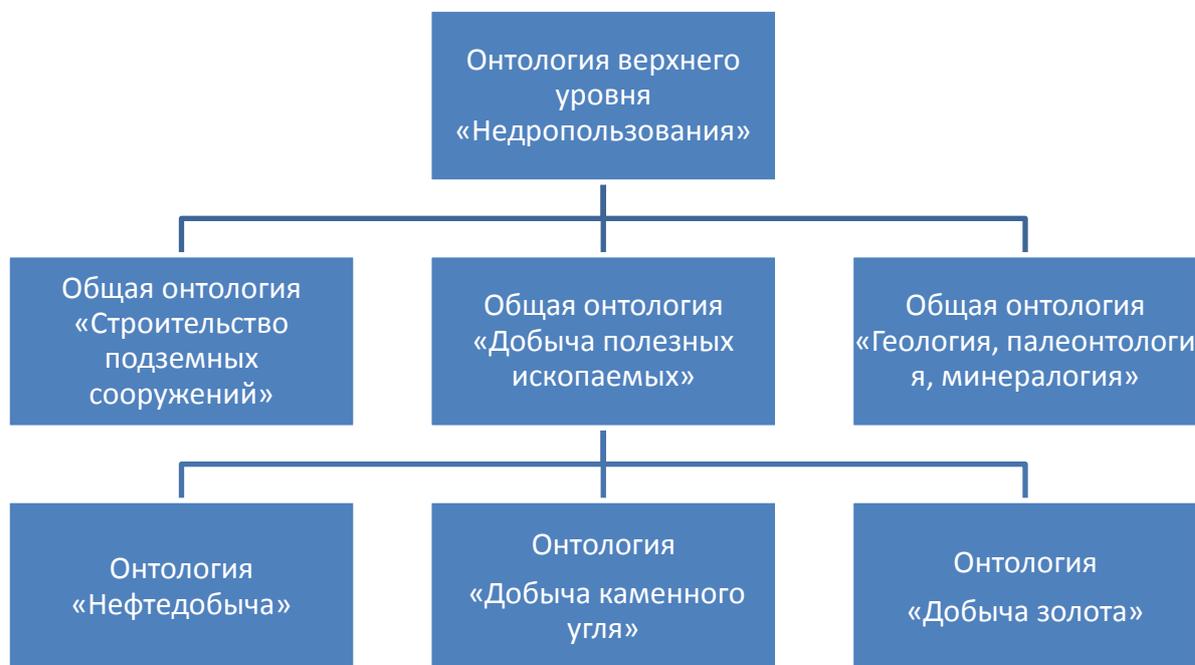


Рис. 1. Многоуровневый комплекс применительно к области недропользования

Одним из требований к разработке и управлению онтологиями, является движение по направлению к универсальной онтологии, которая должна иметь двухуровневую архитектуру.

Онтологии дают возможность структурирования больших объемов информации, позволяют строить системы понятий предметных областей и взаимосвязи между ними. Концепты отражают содержание понятий. В онтологии концепт представлен классом (объектом), имеющим свойства и состоящим из экземпляров. Разработка онтологии начинается с анализа предметной области. Предметную область можно представить, как множество реальных объектов (концептов), представляющих интерес для пользователей.

Методом конфейнмент-моделирования была создана онтология, позволяющая структурировать, провести комплексный анализ и представить в виде связанных понятий комплекс научных, технических и технологических знаний в области недропользования на примере нефтедобычи. Фрагмент данной онтологии приведен на рис. 2.

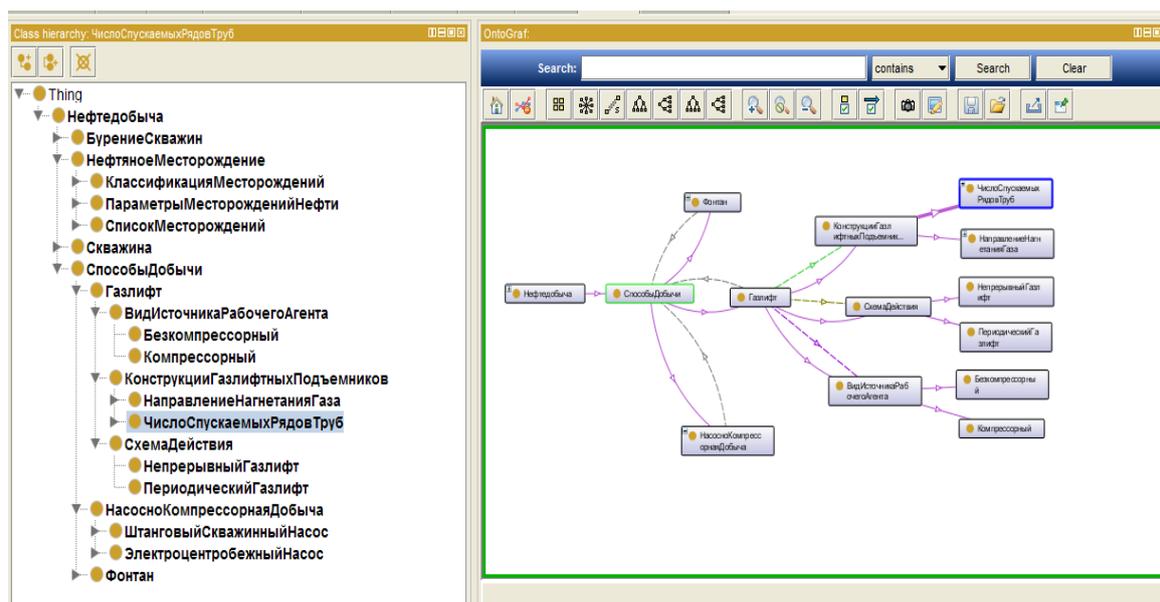


Рис. 2. Фрагмент онтологии «Нефтедобыча»

Онтология определяет общий словарь для ученых, которым нужно совместно использовать информацию в предметной области. Она включает машинно-интерпретируемые формулировки основных понятий предметной области и отношения между ними.

В процессе создания онтологий основная идея состоит в том, что имея описание некоторых понятий, можно давать определения, которые, в конечном итоге и будут задавать наши понятия. Для этого используют аксиомы, которые задают односложные утвердительные высказывания, позволяющие описать тот или иной объект. Чем больше аксиом мы используем для описания понятия, тем «полнее» это понятие будет определено, что в конечном итоге позволяет получать «неявные» знания о рассматриваемом объекте. Аксиомы задаются по правилам дискреционных логик первого порядка. На рис. 3 представлена панель задания ограничений или аксиом.

Существует пять видов задания ограничений:

- Экзистенциальные ограничения описывают класс индивидов имеющих, по крайней мере, одно (some) отношение указанного свойства для индивида, являющегося членом заданного класса. Экзистенциальные ограничения указывают наличие, по крайней мере, одного отношения по данному свойству для индивида, являющегося членом определенного класса (указывается диапазон);
- Универсальные ограничения (only) обозначаются символом  $\forall$ . Они ограничивают отношения по данному свойству для отдельных индивидов, которые являются членами определенного класса;
- Ограничения мощности (exactly) указывает точное количество Ограничения, которые так описывают классы, известны как ограничения мощности;

- Минимальное ограничение мощности (min) определяет минимальное количество отношений, которые индивид может иметь;
- Максимальное ограничение мощности (max) определяет максимальное количество отношений, которые индивид может иметь.

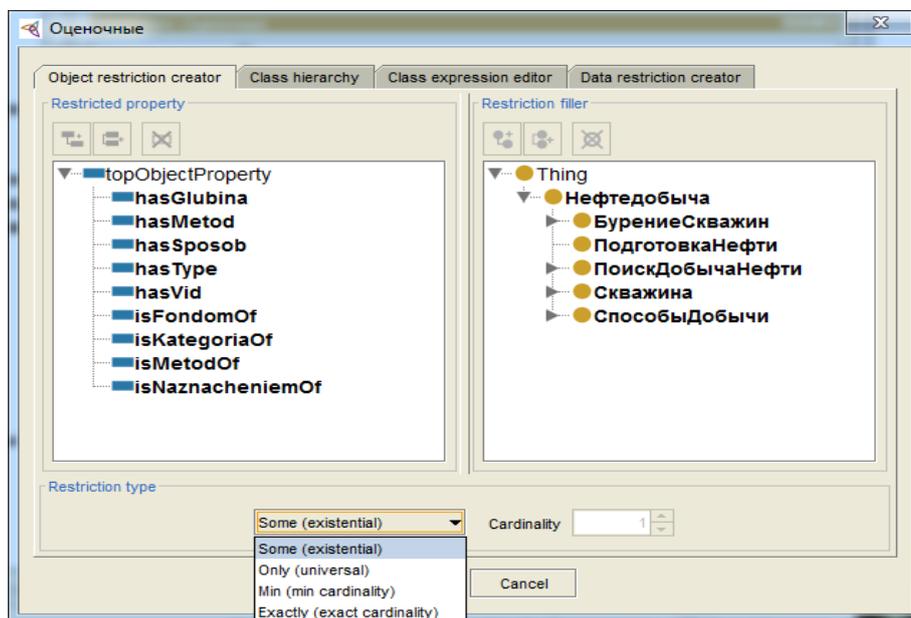


Рис. 3. Пример задания ограничений

Например, для области «Нефтедобыча» по схеме действия газлифтом задаются следующие аксиомы (рис. 4).

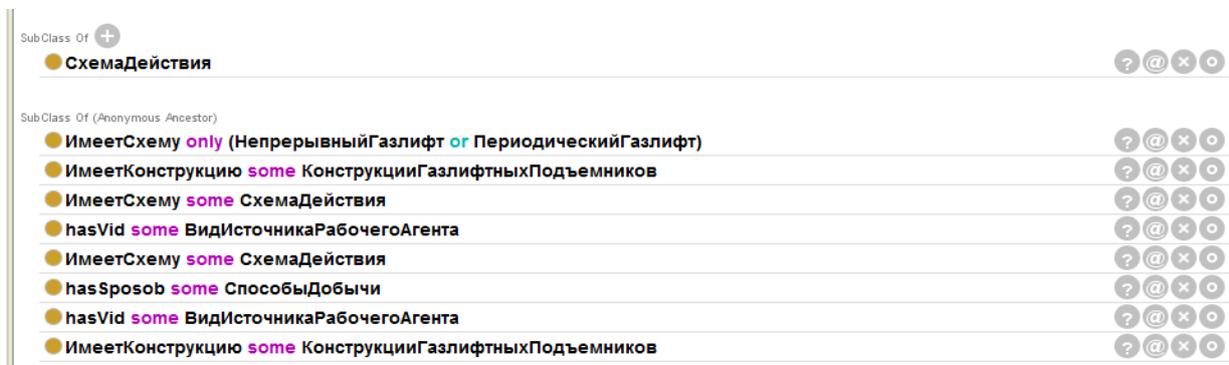


Рис. 4. Задание аксиом (ограничений)

На основе определенных аксиом можно выполнять запросы для извлечения необходимых знаний. На основе данных аксиом можно найти, например, какие схемы действия есть у газлифтов (рис. 5).



Рис. 5. Запрос и его результат

Сформированная онтология объектов нефтедобычи позволяет средствами логических запросов получать новые знания в указанной области. Результатом могут быть оформлены в виде новых объектов как следствие визуального анализа структуры предметной области, либо как результаты выполнения семантических запросов.

Рассмотренные методы и технологии позволяют качественно планировать процессы формирования онтологий, управлять указанными процессами и контролировать использование результатов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Найханова Л.В.** Технология создания методов автоматического построения онтологий при применении генетического и автоматного программирования: Монография. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2008. – 224 с.

2. **Федорченко, Л.А.** Особенности построение лингвистической онтологии учебно-методического материала / Л.А. Федорченко, К.А. Метешкин // Вестник Международного Славянского университета. Серия «Технические науки». –2008. – Т. XI, № 1. – С. 34 – 43.

3. **Пальчунов Д. Е.** Решение задачи поиска информации на основе онтологий // Бизнес-информатика. 2008. № 1. С. 3–13.

4. **Рабчевский Е.А., Булатова Г.И.** Автоматическое построение онтологий для тематических поисковых систем. Режим доступа [<http://shcherbak.net/avtomaticheskoe-postroenie-ontologij-dlya-tematicheskix-poiskovyx-sistem/>].

5. **Добров Б.В., Иванов В.В., Лукашевич Н.В., Соловьев В.Д.** Онтологии и тезаурусы. Учебно-методическое пособие. - Изд-во Казанского государственного университета, 2006, 190 с.

### ОБ АВТОРАХ



Фото

**Филосова Виктория Константиновна**, студент каф. Автоматизации и проектирования информационных систем УГАТУ. Исследования в области создания онтологии.

e-mail: [filosova@gmail.com](mailto:filosova@gmail.com)



Фото

**Шаронова Юлия Вениаминовна**, к.с.н., доцент каф. эконом. информатики УГАТУ. Моделирование ИС

e-mail: [hedviga@gmail.com](mailto:hedviga@gmail.com)

УДК 620.9

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ И ПАРАМЕТРЫ  
ДЛЯ ВЫБОРА ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЧЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ  
В ПАРОПЛАЗМЕННОМ ГЕНЕРАТОРЕ**

**Мухаметов М. В., Козлов В. А.**

В статье рассматривается преобразование энергии рабочей жидкости с помощью диссоциации водопаровой смеси проходящей сквозь электрическую дугу и совершенствование экспериментальной установки для детального исследования электрогидродинамического преобразования энергии.

Устройства, реализующие процесс электролитического разложения аналогичны плазмотронам, в которых через электрическую дугу протекает плазмообразующий газ. Классификация плазматронов по различным отличительным признакам приведена в таблице 1.

Таблица 1

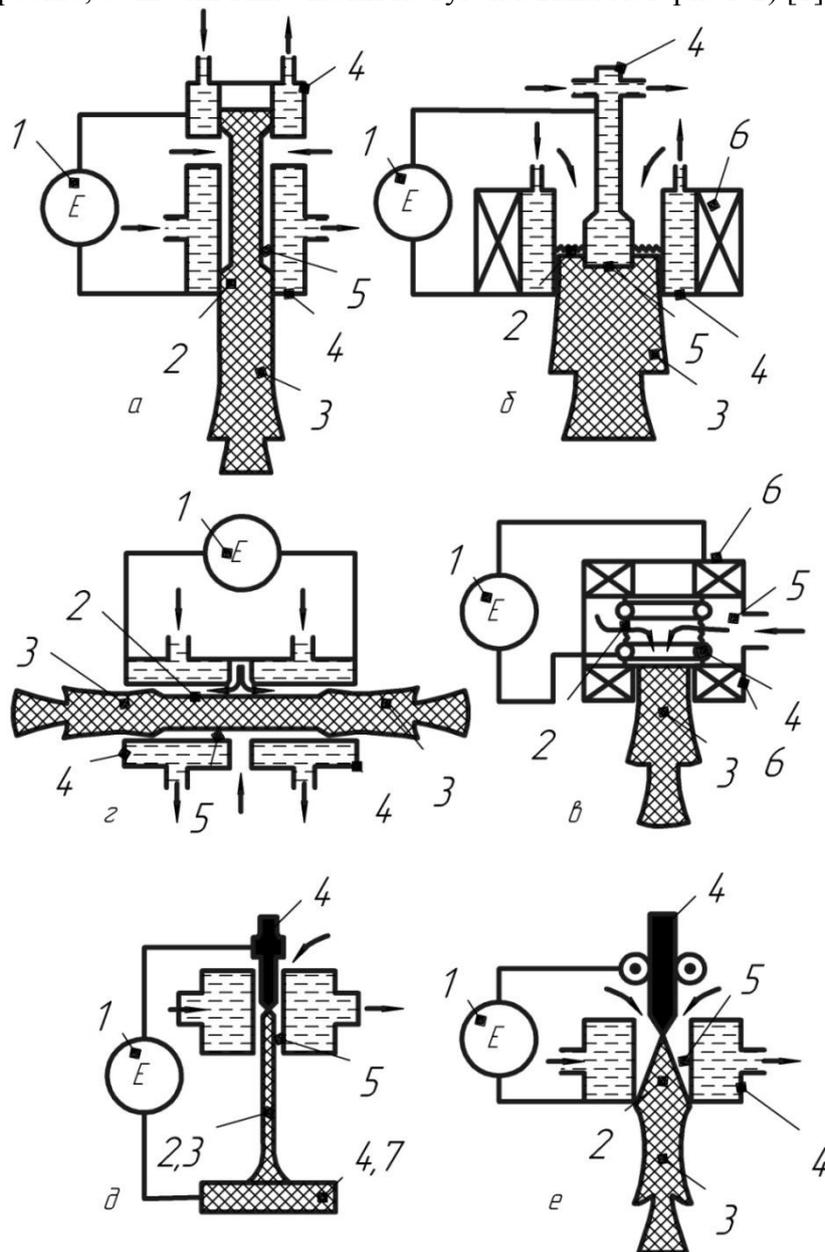
Классификация плазматронов

<b>Классификация</b>	<b>Виды</b>
По виду дуги	Прямого действия
	Косвенного действия
По виду охлаждения	Водяная система охлаждения
	Воздушная система охлаждения
По способу стабилизации дуги	Газовая стабилизация
	Водяная стабилизация
	Магнитная стабилизация
По виду электродов	Расходуемые электроды
	Газозащищенные электроды
	Пленкозащищенные электроды
По роду электропитания	Плазмотроны постоянного тока
	Плазмотроны переменного тока
	Питаемые от накопителей энергии
По уровню температур	Низкотемпературные
	Высокотемпературные
По способу организации подачи жидкости в канал	Аксиальный
	Тангенциальный
	Транспирационный
	Распределенный
По виду разряда	Электродуговые плазмотроны
	Высокочастотные плазмотроны
	Сверхвысокочастотные плазмотроны
	Лазерные плазмотроны

Различные схемы электродуговых плазматронов представлены на рис. 1.

Дуга в плазматронах прямого действия горит между электродом и деталью, в плазматронах непрямого (косвенного) действия дуга горит между электродом и соплом.

Стабилизация разряда в дуговых плазматронах осуществляется магнитным полем, потоками газа и стенками разрядной камеры и сопла. Один из распространённых способов магнитной стабилизации плазменноструйных плазматронов с анодом в форме кольца или тора, коаксиального катоду, состоит в создании (с помощью соленоида) перпендикулярного плоскости анода сильного магнитного поля, которое вынуждает токовый канал дуги непрерывно вращаться, обегая анод. Поэтому перемещаются по кругу анодные и катодные пятна дуги, что предотвращает расплавление электродов (или их интенсивную эрозию, если они выполнены из тугоплавких материалов) [1].

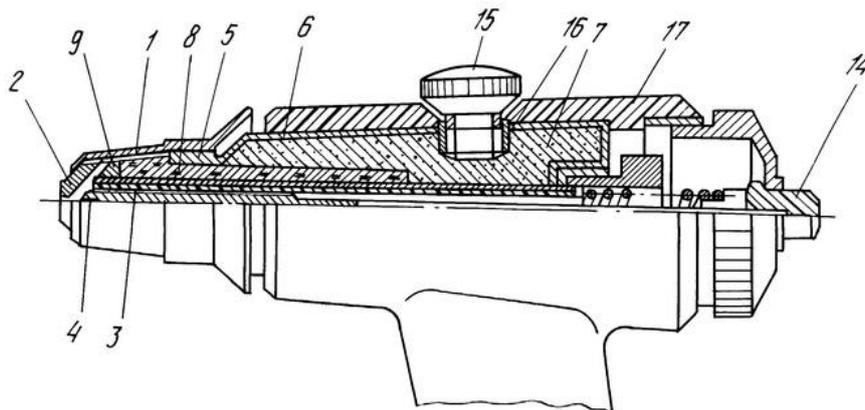


**Рис. 1.** Схемы электродуговых плазматронов  
 а – осевой; б – коаксиальный; в – с тороидальными электродами;  
 г – двустороннего истечения; д – с внешней плазменной дугой;  
 е – с расходными электродами (эрозионный); 1 – источник электропитания;  
 2 – разряд; 3 – плазменная струя; 4 – электрод; 5 – разрядная камера;  
 6 – соленоид; 7 – обрабатываемое тело.

К числу способов газовой стабилизации, теплоизоляции и сжатия дуги относится так называемая "закрутка" — газ подаётся в разрядную камеру по спиральным каналам, в результате чего образуется газовый вихрь, обдувающий столб дуги и генерируемую плазменную струю: слой более холодного газа под действием центробежных сил располагается у стенок камеры, предохраняя их от контакта с дугой [1].

Устройством, позволяющим использовать процессы разложения воды для получения тепловой энергии, является электрогидродинамический преобразователь (ЭГДП) жидкости [2]. Данное устройство разработано на основе плазматрона «Мультиплаз-500» использующем воду в качестве рабочей жидкости (Патент RU 2072640). Эскиз электродугового плазматрона «Мультиплаз» представлен на рисунке 2.

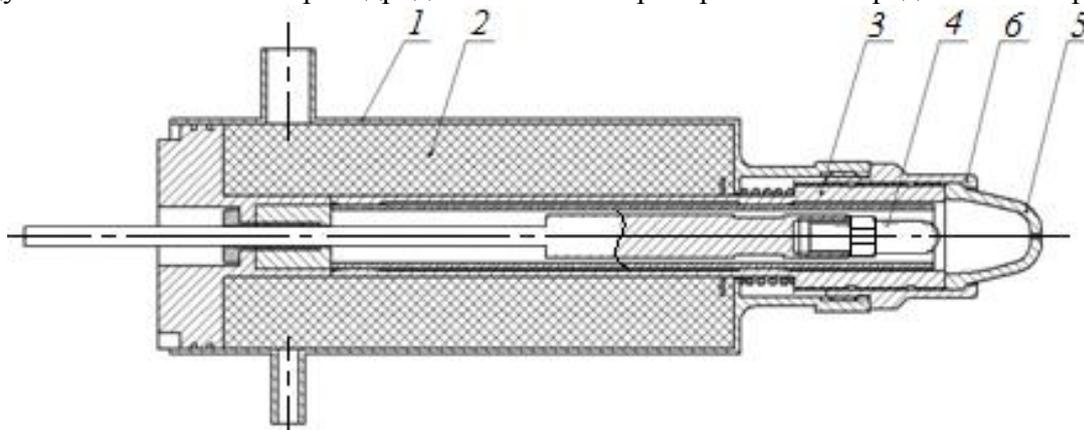
При работе устройства продуктами горения могут быть частицы электродов, а также водород, выделяющийся из пара при диссоциации последнего [3].



**Рис. 2.** Схема электродуговой плазменной горелки (Патент RU 2072640) «Мультиплаз»:

- 1 – корпус горелки; 2 – сопло-анод; 3 – катододержатель; 4 – катод;  
 5 – патрубок; 6 – резервуар для рабочей жидкости; 7 – влагопитывающий материал;  
 8 – пористый теплопроводный материал; 9 – кольцо; 10 – тангенциальные каналы;  
 11 – разрядная камера; 12 – электроизоляционная трубка; 13 – теплопроводящая трубка;  
 14 – кнопка; 15 – заглушка; 16 – отверстие; 17 – облицовка

По классификации, приведенной в таблице 1, электрогидродинамический преобразователь (ЭГДП) имеет смешанную подачу газа в канал: транспирационный и тангенциальный, при которой рабочая жидкость предварительно проходит через пористый материал. Электроды коаксиального расположения, длина дуги самоустанавливающаяся. Подводимый газ одновременно служит как для образования плазмы, так и для её стабилизации путем «закрутки». Охлаждение деталей устройства – воздушное. Эскизно электрогидродинамический преобразователь представлен на рис.3.

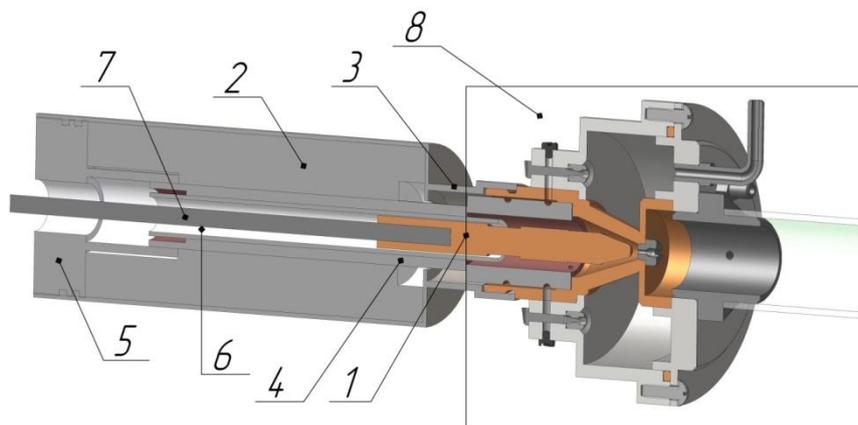


**Рис. 3.** Схема ЭГДП [2]: 1 – корпус; 2 – резервуар с пористым наполнителем;  
 3 – испаритель; 4 – анод; 5 – сопло-катод; 6 – штуцер.

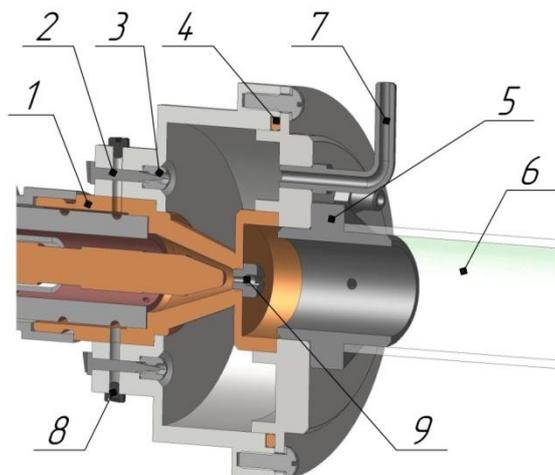
При контакте с последующим разделением электродов образуется электрическая дуга. Часть энергии дуги нагревает электроды и передается через испаритель воде, содержащейся в баке. Вследствие теплового расширения пар начинает движение по испарителю, передняя часть которого выполнена в виде многозаходных винтовых канавок. В испарителе имеются 2 отверстия, подводящие пар в межэлектродную область, выполненные тангенциально к аноду. При прохождении закрученных потоков пара через электрическую дугу, происходит ионизация пара, который выталкивает дугу на внешнюю поверхность сопла [4].

Конструкция, представленная на рис. 3 подходит для проведения экспериментов достаточной точности измерения характеристик рабочего процесса электрогидродинамического преобразования энергии. Для проведения численного моделирования большей степени достоверности и повышения детализации процессов, происходящих в процессе электрогидродинамического преобразования энергии в устройствах, использующих плазменную струю для диссоциации пара необходимо создать новую конструктивную экспериментальную модель.

Для проведения экспериментов по качественной оценке эффективности цикла преобразования энергии разработан вариант водопарового генератора плазмы, твердотельная модель которого представлена на рис. 4.



**Рис. 4.** Разрез твердотельной модели водопарового генератора плазмы: 1 – анод; 2 – резервуар с пористым наполнителем; 3 – корпус; 4 – испаритель; 5 – крышка; 6 – изолятор; 7 – направляющая анода; 8 – сборная головка.



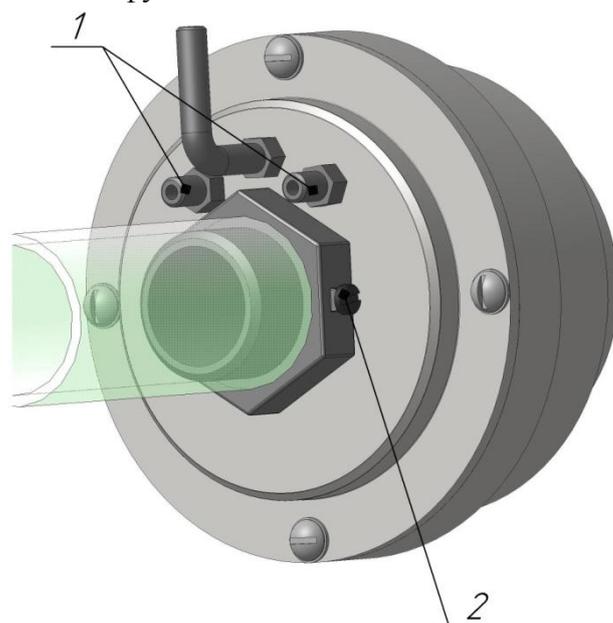
**Рис. 5.** Разрез твердотельной модели сборной головки водопарового генератора плазмы: 1 – сопло-катод; 2 – дозирующая игла; 3 – жиклер; 4 – уплотнение; 5 – выходной штуцер; 6 – кварцевая трубка; 7 – заливной штуцер; 8 – пробка; 9 – штуцер-дозатор.

На рис. 5 представлено сечение по меридиональной плоскости сборной головки водопарового генератора плазмы, построенная в Компас-3D.

Сборная головка предназначена для регулирования плазменной струи на выходе из водопарового генератора плазмы в широком диапазоне параметров и снабжена штуцерами для системы измерения (датчики давления и температуры), заливным штуцером и резервным баком с системой дозирования.

Наличие датчиков давления и температуры предусматривает возможность оценки параметров рабочей жидкости, находящейся в резервном баке, что позволяет оперировать данными о входных параметрах рабочей жидкости до ее попадания в электрическую дугу в катодно-анодной полости водопарового генератора плазмы и отслеживать изменение выходных параметров плазменной струи.

Система дозирования, состоит из иглы и жиклера с калиброванным отверстием и позволяет точно оценить расход рабочей жидкости из резервного бака в плазмообразующую полость. Симметричное расположение систем дозирования относительно оси анода позволяет регулировать подачу необходимой для экспериментального исследования фазы (жидкости или перегретого пара) в плазмообразующую полость. Конструкция системы дозирования является изменяемой и при необходимости мгновенной подачи точного значения объемного расхода пробка снимается и вворачивается на место дозирующей иглы, а расход рабочей жидкости подается через вертикальный канал с помощью шприца. Резервный бак с рабочей жидкостью также выполняет функцию системы охлаждения.



**Рис. 6.** Твёрдотельная модель сборной головки пароплазменного генератора:  
1 – штуцер под датчик; 2 – пробка камеры впрыска

Сопло в составе сборной головки выполняет функцию катода и имеет отверстие для съёмного штуцера-дозатора с диаметрами условного прохода от 0.5 мм до 2 мм, позволяющего изменять характеристики рабочей среды (плазмы) на выходе из водопарового генератора плазмы. Конструкция сопла-катода объясняется необходимостью подвода значительного количества тепловой энергии в резервный бак генератора с обеспечением охлаждения сопла рабочей жидкостью из бака, температура которой всегда будет меньше температуры рабочей среды на выходе из генератора плазмы. Изменение диаметра условного прохода в штуцере-дозаторе позволяет регулировать длину и температуру плазменного факела.

Выходной штуцер необходим для крепления кварцевой трубки визуализации и имеет отверстие для подачи рабочей жидкости в плазменный факел (камера впрыска) и

проведения экспериментов для определения характера поведения плазменной струи при подаче расхода неподготовленной (без дополнительного нагрева) рабочей жидкости в плазменную струю.

Численное моделирование течения рабочей жидкости в устройстве пароплазменного генератора может быть осуществлено с использованием различных математических пакетов таких, как *ANSYS Fluent*, *SolidWorks Flow Simulation*, *Star-CCM+*. Перечисленные пакеты позволяют смоделировать процессы течения рабочей жидкости по тракту пароплазменного генератора; для обеспечения сходимости результатов численного моделирования с экспериментальными данными выбран пакет *Flow Simulation*.

Конструкция, представленная на рис.4 и рис.5 существенно увеличивает диапазон граничных условий для численного моделирования, что связано с возможностью изменения массового расхода рабочей жидкости на входе в область моделирования и изменяемой геометрии сопловой вставки на выходе из области моделирования

При моделировании процесса течения жидкости в проточной части пароплазменного генератора, с учетом совместной работы основного и резервного бака, могут быть приняты следующие условия:

- в моделируемую область поступает жидкость (вода);
- массовый расход через границу входа постоянный (для каждого отдельного вычисления);
- стенки канала гидравлически гладкие шероховатостей;
- плотность рабочей жидкости инвариантна;
- тепловая мощность передается через стенки деталей устройства;
- отсутствует теплообмен с внешней средой через стенки корпуса;
- пар истекает в область с давлением от  $10^5$  до  $10^6$  Па;
- массовая доля жидкость/пар на входе -  $1/0$ , на выходе -  $0/1$ .
- из сопла рабочая жидкость истекает в парообразном состоянии;

Граничные условия входа в область:

- тип границы - "Поток массы на входе";
- массовая доля жидкой фазы – 1.0;
- массовая доля паровой фазы – 0.0;
- температура втекающей среды – 300 К;
- массовый расход – от 0.0000686 кг/с до 0.0002 кг/с;

Граничные условия выхода из области:

- Тип границы - "Давление на выходе";
- массовая доля жидкой фазы – 0.0;
- массовая доля паровой фазы – 1.0;
- статическое давление – от  $10^5$  Па;

Полученные результаты твердотельного моделирования могут быть использованы для создания математической модели водопарового генератора плазмы, которая позволит детально анализировать происходящие в генераторе процессы. Также результаты твердотельного моделирования могут быть использованы для изготовления и сборки экспериментального стенда водопаровой генерации плазмы. Поставленные граничные условия в широком диапазоне значений параметров могут быть использованы для проведения численных экспериментов с целью определения характера течения водосодержащей рабочей жидкости в пароплазменном генераторе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плазматрон.–URL: <http://slovari.yandex.ru/плазматрон/БСЭ/Плазматрон/> (дата обращения 25.02.2014)
2. Мухаметов М.В., Новиков М.В. Определение температурного поля истекающих газов и электрических характеристик электрогидродинамического

преобразователя жидкости. Сборник научных трудов Седьмой Всероссийской зимней школы-семинара аспирантов и молодых ученых "Актуальные проблемы науки и техники", Том 2/УГАТУ, - Уфа: УГАТУ, 2012 г. - стр. 187-190.

3. Сердюков В.И., Поплавский Ю.А., Сеница Л.Н. Исследование спектров излучения водяного пара в диапазоне 9600-12000 см<sup>-1</sup>. Оптика и спектроскопия. 2006, т.101, №4, с. 565-569.

4. Ахметов Ю.М., Глухов Е.А., Зангиров Э.И., Мухаметов М.В., Хакимов Р.Ф. Передача энергии и изменение параметров рабочей жидкости в электрогидродинамическом преобразователе. Сборник "Наука-производству", выпуск №7, 2012 г. - стр. 161

## ОБ АВТОРАХ

Фото

**Мухаметов Мансур Вазирович**, аспирант той же каф. Дипл. бакалавра (УГАТУ, 2011). Иссл. в обл. электрогидродин. преобр. энерг. раб. жидкости и обл. газогидр. течений и систем упр. энерг. установок.

e-mail: [mn5r@yandex.ru](mailto:mn5r@yandex.ru)

Фото

**Козлов Валентин Александрович**, манистрат каф. прикл. гидромех. Дипл. специалиста (УГАТУ, 2013). Иссл. в обл. электрогидродин. преобр. энерг. раб. жидкости.

e-mail: [kozlov.valentine@gmail.com](mailto:kozlov.valentine@gmail.com)

УДК 629

## МОДЕРНИЗАЦИЯ И РАСЧЕТ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ТЭЦ НА БАЗЕ ТУРБОУСТАНОВКИ ПТ-80\100-130\13

**Жеребило В. Ю., Сенюшкин Н. С., Рожков К. Е.**

Теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) – электрические станции с комбинированной выработкой электрической энергии и тепла. Они характеризуются тем, что тепло каждого килограмма пара, отбираемого из турбины, используется частично для выработки электрической энергии, а затем у потребителей пара и горячей воды.

Исходный источник энергии на ТЭЦ - органическое топливо (на паротурбинных и газотурбинных ТЭЦ) либо ядерное топливо (на планируемых атомных ТЭЦ). Преимущественное распространение имеют паротурбинные ТЭЦ на органическом топливе, являющиеся наряду с конденсационными электростанциями основным видом тепловых паротурбинных электростанций. Различают ТЭЦ промышленного типа - для снабжения теплом промышленных предприятий, и отопительного типа - для отопления жилых и общественных зданий, а также для снабжения их горячей водой. Тепло от промышленных ТЭЦ передаётся на расстояние до нескольких км (преимущественно в виде тепла пара), от отопительных - на расстояние до 20-30 км (в виде тепла горячей воды) [5].

Паротурбинная установка предназначена для преобразования тепловой энергии пара, получаемой в котле при сгорании топлива, в механическую энергию на валу турбины. Паровые турбины позволяют осуществлять совместную выработку

электрической энергии и теплоты, что повышает степень полезного использования теплоты органического и ядерного топлива[1].

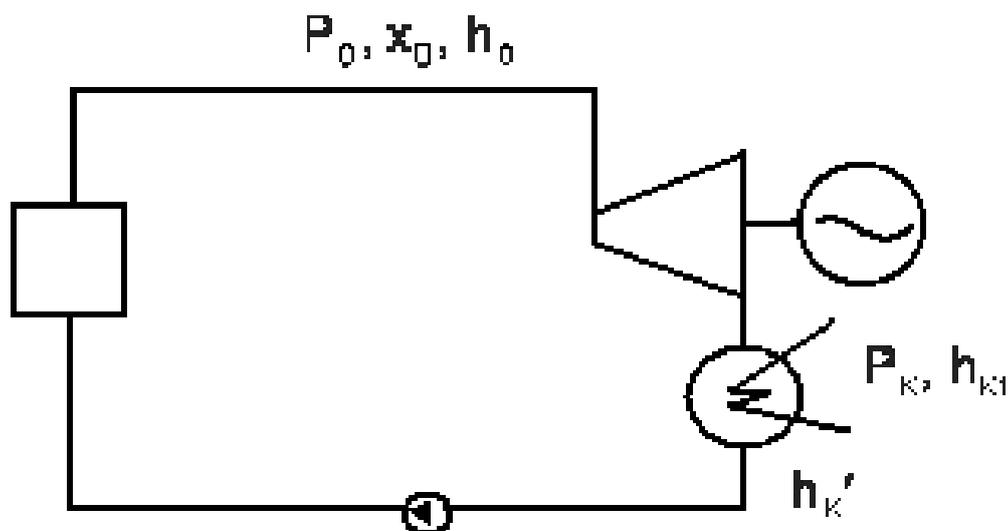


Рис. 1. Простейшая схема ПТУ

Традиционная современная газотурбинная установка (ГТУ) — это совокупность воздушного компрессора, камеры сгорания и газовой турбины, а также вспомогательных систем, обеспечивающих ее работу. Совокупность ГТУ и электрического генератора называют газотурбинным агрегатом. Важным отличием ГТУ от ПТУ является отсутствие котла, в данном случае присутствует камера сгорания, в этом смысле ГТУ более экономична, самодостаточна и проста.

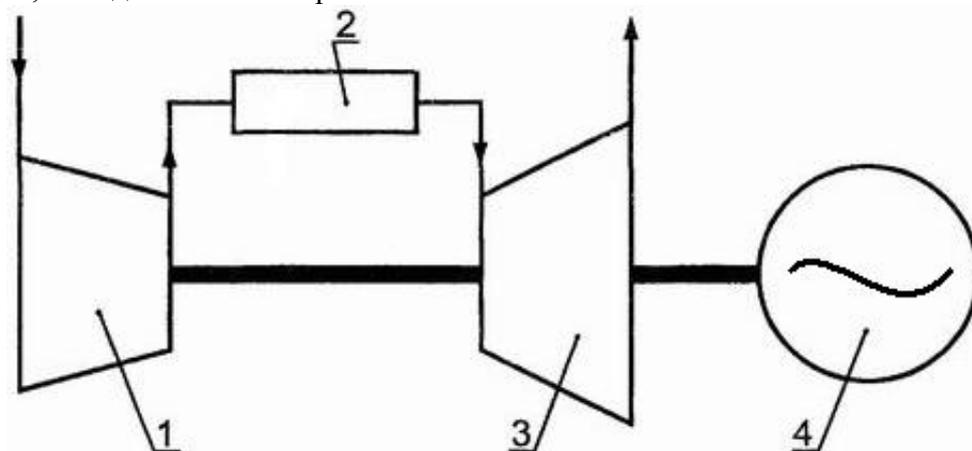


Рис. 2. Простейшая схема ГТУ:

1 – воздушный компрессор; 2 – камера сгорания;  
3 – газовая турбина; 4 – электрогенератор

Котёл-утилизатор — котёл, использующий теплоту отходящих газов дизелей или газотурбинных установок, сушильных барабанов, вращающихся и туннельных печей. Крупные котлы-утилизаторы не имеют всех элементов котлоагрегата. Отходящие вторичные газы попадают сразу на поверхности нагрева (экономайзер, испаритель, пароперегреватель). Воздухоподогреватель и топка в котлах-утилизаторах отсутствуют, так как газы, используемые в котле, образуются в технологическом процессе основного производства. Температура газов, поступающих в энергетический котел-утилизатор, приблизительно составляет 350—700 °С[3].

С целью обеспечения энергетической эффективности и экономичности ТЭЦ, а также невысокой удельной стоимости и эксплуатационных затрат, повышения

энергетических характеристик турбоагрегата (мощности отсеков, электрической мощности, полной мощности) и ТЭС (КПД трубопроводов, КПД по производству электроэнергии, КПД по производству и отпуску теплоты на отопление, удельный расход условного топлива на производство электроэнергии, расход теплоты топлива на станцию и т.д.), была произведена модернизация принципиальной тепловой схемы ТЭС на базе турбоустановки ПТ-80\10-130\13. Вместо парового котла внедрен котел-утилизатор ТГЕ-435/ПГУ. Подогреватели высокого давления (ПВД5, ПВД6, ПВД7), которые подогревают питательную воду до температуры  $249^{\circ}\text{C}$  заменены на газовый подогреватель. Газовый подогреватель обеспечивает необходимую температуру питательной воды  $-168^{\circ}\text{C}$ .

Также замена трех подогревателей на один снижает гидравлические потери. Произведен расчет энергетических характеристик турбоустановки и ТЭС, результат расчета приведен ниже.

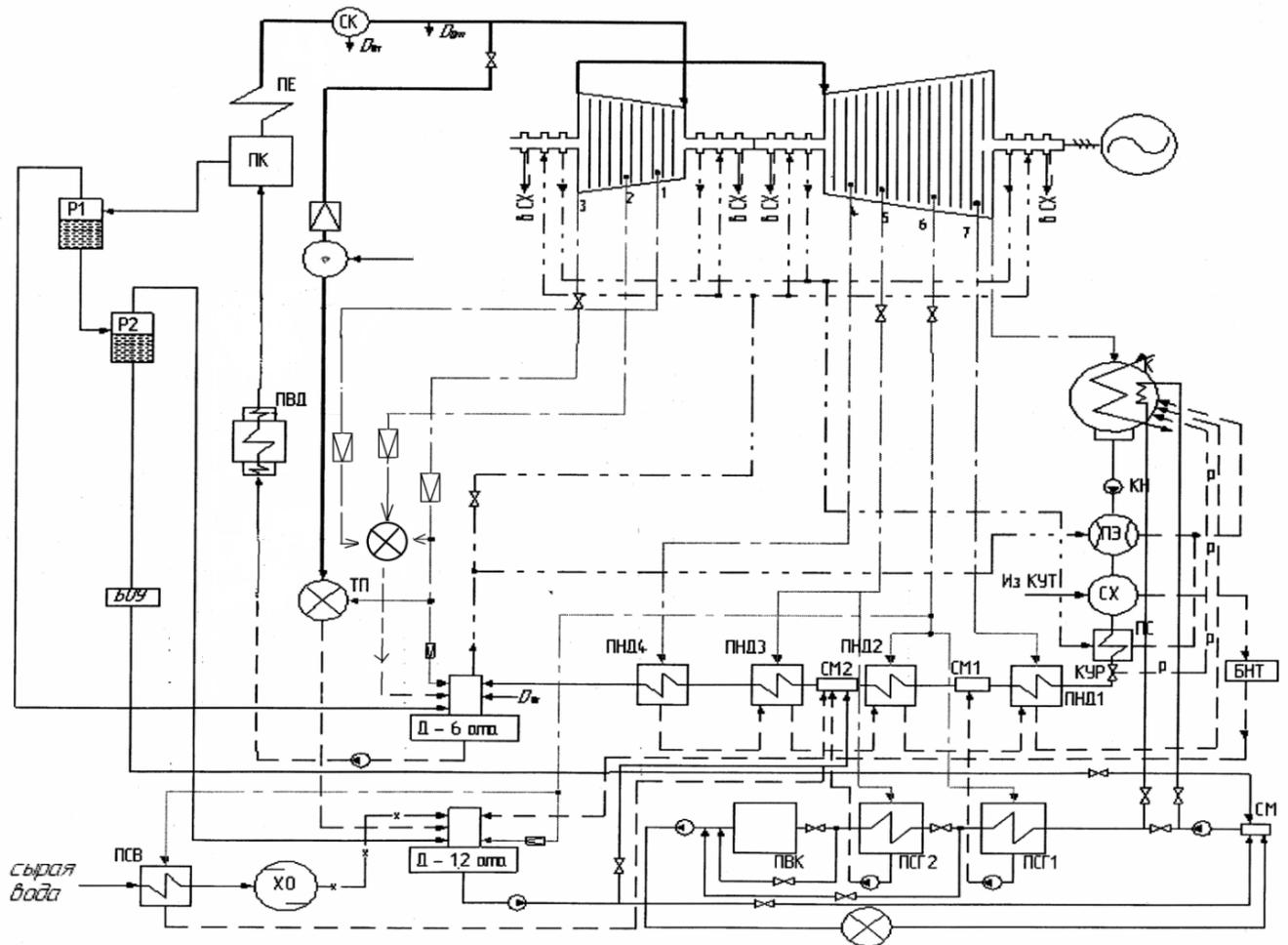


Рис. 3. Принципиальная тепловая схема ТЭС на базе турбоустановки ПТ-80\100-130\13

Исходные данные для расчета принципиальной тепловой схемы электростанции на базе турбоустановки ПТ-80\100-130\13:

Параметры парогенератора ТГЕ-435/ПГУ : паропроизводительность-500т/ч, давление пара- 13,8 Мпа, температура пара-  $560^{\circ}\text{C}$ , КПД котла (брутто) 93,6%

По заданной температуре окружающей среды  $t_n = -5^{\circ}\text{C}$  по температурному графику сетевой воды :  $Q_T = 48,85 \text{ МВт}$  ;  $t_{н.с.} = 82,9^{\circ}\text{C}$  ;  $t_{н.с.} = 68^{\circ}\text{C}$  ;  $t_{в.с.} = 82,9^{\circ}\text{C}$  ;  $t_{о.с.} = 47,2^{\circ}\text{C}$  .

Таблица 1

## Исходные данные для расчёта турбоагрегата ПТ-80\10-130\13.

Исходные данные	Обозначение	Значение
Начальное давление пара, МПа	$P_0$	12,75
Начальная температура пара, °С	$t_0$	555
Расход пара на турбину, кг/с	$D_0$	122,2
Давление пара, поступающего в конденсатор, МПа	$P_k$	0,0035
Давление пара в деаэраторе пит. воды, МПа	$P_{ДПВ}$	0,6
Конечная температура регенеративного подогрева питательной воды, °С	$t_{пв}$	158
Температура наружного воздуха, °С	$t_{нар}$	-5
Процент утечки пара и конденсата, %	$K_{ум}$	1,5
Коэффициент теплофикации	$\alpha_T$	0,6
Расход пара из уплотнений штоков клапанов в ДПВ, кг/с	$D_{уш.}$	0,5499
КПД питательного насоса	$\eta_{пн}$	0,8

Результаты расчетов:

Таблица 2

## Расходы пара по отборам турбины

№ отбора	Обозначение	Расход пара, кг/с
1	$D_1$	0
2	$D_2$	0
3	$D_3 = D_{п2} + D_{д} + D_{п1}$	76,494658
4	$D_4 = D_{п4}$	10,45774998
5	$D_5 = D_{вс} + D_{п5}$	12,62075698
6	$D_6 = D_{п6} + D_{нс} + D_{д} + D_{псв}$	21,11505631
7	$D_7 = D_{п7}$	0,575420037

Поток пара, поступающий в конденсатор после турбины:

$$D_K^H = D_0 - D_{уТ} - \Sigma D_j = 122,2 - 121,2 - 0,9165, D_K^H = 0,9369 \text{ кг/с}.$$

Поток конденсата, на выходе из конденсатора

$$D_K^B + D_{п} + D_{э} = D_{к7},$$

$$D_K^B = 16,39 - 14,84 - 0,611 = 0,9363 \text{ кг/с},$$

$$\text{где } D_{п} = D_{п4} + D_{п5} + D_{п6} + D_{п7} = 14,84 \text{ кг/с}.$$

Результат расчета энергетических характеристик турбоагрегата:

Таблица 3

## Расчёт мощностей отсеков турбины ПТ - 80\100-130\13

Отсек турбины	Интервал давлений, Мпа		Пропуск пара через отсек		$N_{отс, i}^{отс}$ , кДж/кг	$N_{отс, i}^{отс}$ , МВт
			Обозначение	Численное значение, кг/с		
0-3	12,01	2,594	$D_0 - D_{у3} - D_{уш.} - D_1 - D_2$	121,2835	374,867	45,465
3-4	1,245	0,407	$D_{23} - D_3 - D_{тп} - D_{д}$	45,12602848	344,093	15,52755052
4-5	0,407	0,07537	$D_{34} - D_4$	34,54715879	240,442	8,306587953
5-6	0,07537	0,05126	$D_{45} - D_5$	21,9324406	50,063	1,098003774
6-7	0,05126	0,0118	$D_{56} - D_6$	0,749815035	134,775	0,101056321
7-К	0,0118	0,0035	$D_{67} - D_7$	0,185148	19,86	0,003677

Полная мощность турбины:

$$N_i = 45,465 + 15,53 + 8,31 + 1,098 + 0,101 + 0,0038 = 70,49 \text{ МВт}$$

Электрическая мощность турбоагрегата:

$$N_{\text{э}} = 70,49 \cdot 0,99 \cdot 0,98 = 68,39 \text{ МВт}$$

Энергетические показатели турбоустановки и электростанции.

Турбинная установка:

$$1. \text{ Полный расход теплоты на турбоустановку: } Q_{\text{ТУ}} = 345,212 \text{ МВт} = 1241,73 \text{ ГДж/ч}$$

$$2. \text{ Расход тепла на производственные потребители: } Q_{\text{П}} = 769,0026 \text{ ГДж/ч}$$

$$3. \text{ Расход теплоты на отопление: } Q_{\text{от}} = \frac{Q_{\text{Т}}^0}{\eta_{\text{Т}}} = 49,09 \text{ МВт} = 176,58 \text{ ГДж/ч},$$

$$4. \text{ Общий расход теплоты на внешних потребителей: } Q_{\text{Т.П}} = Q_{\text{ВН}} = 940,87 \text{ ГДж/ч}$$

5. Расход теплоты на турбинную установку по производству электроэнергии:

$$Q_{\text{ТУ}}^{\text{э}} = 290,9651 \text{ ГДж/ч}$$

6. Коэффициент полезного действия турбоустановки по производству электроэнергии:  $\eta_{\text{ТУ}}^{\text{э}} = 0,84$ .

$$7. \text{ Удельный расход теплоты на производство электроэнергии: } q_{\text{ТУ}}^{\text{э}} = 1,19.$$

Результат расчета энергетических показателей ТЭЦ:

$$1. \text{ Тепловая нагрузка парогенераторной установки } Q_{\text{ПГ}} = 1250,864 \text{ ГДж/ч}$$

$$2. \text{ Коэффициент полезного действия трубопроводов: } \eta_{\text{ТР}} = 0,987.$$

$$3. \text{ КПД ТЭЦ по производству электроэнергии: } \eta_{\text{ТЭЦ}}^{\text{э}} = 0,771$$

$$4. \text{ КПД ТЭЦ по производству и отпуску теплоты на отопление: } \eta_{\text{ТЭЦ}}^{\text{от}} = 0,9133,$$

5. Удельный расход условного топлива на производство электроэнергии:

$$b_{\text{У}}^{\text{э}} = 159,53 \frac{\text{г.у.т}}{\text{кВт}\cdot\text{ч}}.$$

6. Удельный расход условного топлива на производство и отпуск тепловой энергии:  $b_{\text{У}}^{\text{Т}} = 44,254 \frac{\text{г.у.т}}{\text{МДж}}.$

$$7. \text{ Расход теплоты топлива на станцию: } Q_{\text{ТЭЦ}} = 375,08 \text{ МВт}.$$

$$8. \text{ Полный коэффициент полезного действия энергоблока (брутто): } \eta_{\text{ТЭЦ}}^{\text{б}} = 0,883.$$

$$9. \text{ Удельный расход теплоты на энергоблок ТЭЦ: } q_{\text{ТЭЦ}} = 1,1325.$$

$$10. \text{ КПД энергоблока (нетто): } \eta_{\text{ТЭЦ}}^{\text{н}} = 0,838.$$

11. Удельный расход условного топлива "нетто":

$$b_{\text{У ТЭЦ}}^{\text{н}} = 40,715 \frac{\text{г.у.т}}{\text{МДж}}.$$

$$12. \text{ Расход условного топлива: } B_{\text{У}} = 12,81 \text{ кг у.т./с}.$$

13. Расход условного топлива на выработку теплоты, отпущенной внешним потребителям:  $B_{\text{У}}^{\text{Т}} = 8,96 \text{ кг у.т./с}.$

$$14. \text{ Расход условного топлива на выработку электроэнергии: } B_{\text{У}}^{\text{э}} = 3,84 \text{ кг у.т./с}.$$

### Вывод

Исходя из вышеизложенного и учитывая произведенные расчеты, приходим к выводу, что замена парового котла приводит к более высокому электрическому КПД, большей вырабатываемой электрической мощности турбоагрегата, меньшим расходам

удельного топлива, также к преимуществам можно отнести отсутствие необходимости в здании котельного цеха. С экономической точки зрения замена трех подогревателей высокого давления на один газовый подогреватель приводит к снижению затрат на приобретение оборудования и его монтаж.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции – М.: Энергия, 1976. – 446с
2. Бойко Е.А. Паротурбинные энергетические установки ТЭС: Справочное пособие – ИПЦ КГТУ, 2006. -152с.
3. <https://ru.wikipedia.org/>
4. Расчет тепловых схем паротурбинных установок: Учебное электронное издание/Полещук И. З.. – ГОУ ВПО УГАТУ, 2005.
5. <https://allbest.ru/>

### ОБ АВТОРАХ



Фото

**Жеребило Виктория Юрьевна**, студент гр. ТЭТ-301, факультет авиационных двигателей (УГАТУ)

e-mail: [yika\\_zherebilo@mail.ru](mailto:yika_zherebilo@mail.ru)



Фото

**Сенюшкин Николай Сергеевич**, доцент каф. АТиТ, с.н.с. НИЛ САПР-Д, Зам. Декана ФАД. Диплом инж. по авиац. двигателям и энер. уст. (УГАТУ, 2005). Канд. техн. наук по тепл., электроракент. двигателям и энергоустановкам ЛА (УГАТУ, 2009).

e-mail: [aviastar-ufa@mail.ru](mailto:aviastar-ufa@mail.ru)



Фото

**Рожков Кирилл Евгеньевич**, ассистент каф. АТиТ, м.н.с. НИЛ САПР-Д, Диплом инж. по авиац. двигателям и энер. уст. (УГАТУ, 2009).

## ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

УДК 338.1

### СТРУКТУРА ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ ЭНЕРГОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА

Дзинтер Н. В., Шарафиева Г. А.

Энергетика является базовым сектором экономики, обеспечивающим развитие всего хозяйства страны. Данная отрасль оказывает существенное влияние на развитие других отраслей и экономики в целом, а, значит, надежное и эффективное функционирование электроэнергетики является важнейшим фактором экономической и социальной стабильности государства.

Электроэнергетика является стратегически значимой отраслью для нормального функционирования и развития экономики любого государства. Энергетической стратегией Российской Федерации до 2030 года определена необходимость создания инновационного и эффективного энергетического сектора страны, соответствующего как потребностям растущей экономики в энергоресурсах, так и внешнеэкономическим интересам России. Одним из направлений инновационного развития российской электроэнергетики является модернизация и создание инновационной инфраструктуры на основе масштабного технологического обновления энергетического сектора экономики РФ. Целью энергетической политики России – это максимально эффективное использование энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики, повышения качества жизни населения страны и содействия укреплению ее внешнеэкономических позиций.

Переход к инновационному развитию электроэнергетической отрасли обусловлено тем, что в настоящее время в отрасли накопился ряд проблем, негативно влияющих на функционирование энергосистемы. К этим проблемам, в частности, относится высокая степень износа основных фондов (рис. 1) и несоответствие производственного потенциала электроэнергетики мировому научно-техническому уровню. Проблема высокой степени износа основного энергетического оборудования особенно остро стоит для распределительного сетевого комплекса России. Показатели износа в РФ 1,5-2 раза превышают аналогичные показатели в развивающихся странах.

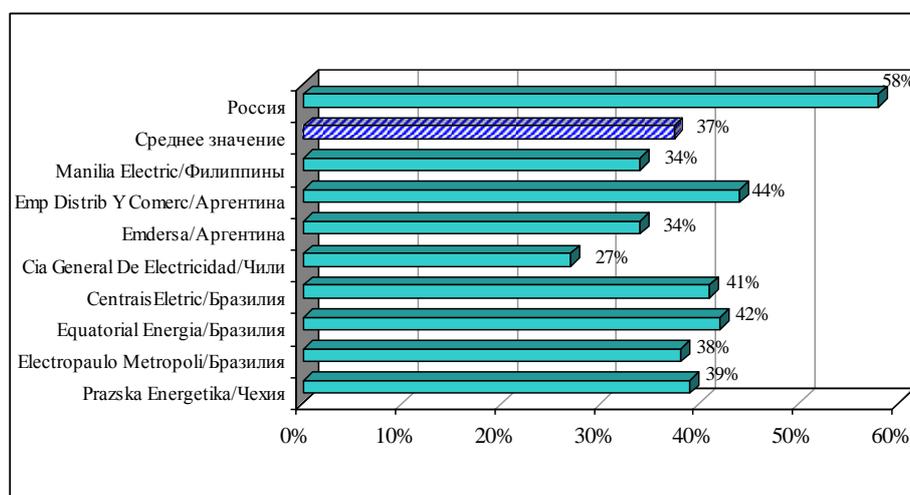


Рис. 1. Сравнение износа сетевого оборудования с зарубежными аналогами

По данным Министерства регионального развития РФ в среднем по России физический износ электрических сетей составляет 58%. Поэтому для развития распределительного сетевого комплекса России необходима разработка программ инновационного развития и обеспечения технического перевооружения. Вместе с тем, осуществление активной инновационной деятельности в отрасли сдерживается рядом объективных и субъективных факторов, связанных, с одной стороны, с ослаблением роли государства в формировании и реализации общей технологической политики, создании и развитии соответствующей инфраструктуры, с отсутствием действенных экономических и административных стимулов и т.д., а с другой стороны, на уровне энергетических компаний первоочередными в данный момент становятся тактические и оперативные задачи, обусловленные отмеченными выше негативными тенденциями, и усугубляющиеся по причине ограниченности ресурсов, необходимых для обеспечения надежного функционирования энергосистемы и выполнения обязательных требований к работе субъектов рынка электроэнергии.

При реализации политики инновационного развития энергетические сетевые компании должны соблюдать единые требования, подходы и условия для формирования новой структуры энергетики России, в части:

- нормативно-правовой базы, в том числе правил функционирования оптового и розничного рынков электроэнергии;
- технологической инфраструктуры энергетической системы;
- коммерческой инфраструктуры рынка;
- научно-технической политики;
- элементной и технической базы.

Из вышесказанного следует, что инновационная направленность развития электроэнергетической отрасли предполагает не только создание условий для развития непрерывного процесса поиска и практической реализации новых научно-технических, технологических и организационно-экономических решений в рамках общегосударственного регулирования, но и формирование прозрачных механизмов привлечения инвестиций в отрасль, обеспечивающих финансирование проводимой модернизации и реконструкции сетевой инфраструктуры.

Эффективная организация инновационной деятельности энергетических сетевых компаний базируется, в первую очередь, на оценке уровня инновационного потенциала как определенной совокупности общих и специальных видов ресурсов, наличие которых предопределяет степень готовности энергетических сетевых компаний к разработке и внедрению технологических инноваций. Активное формирование и использование компанией инновационного потенциала является залогом повышения инвестиционной привлекательности в условиях инновационного развития отрасли, определенного требованиями Энергетической стратегии России.

Понятие «инновационного потенциала», обеспечивающего рост системы за счет нововведений, впервые было введено К. Фрименом в 70-х - 80-х годах XX столетия. В частности он считал, что нововведение представляет собой систему мероприятий по разработке, освоению, эксплуатации и исчерпанию производственно-экономического и социально-организационного потенциала, лежащего в основе новшеств.

В настоящее время вопросам формирования и определения инновационного потенциала в экономической литературе уделяется достаточно много внимания, однако представленные обоснования и положения носят разрозненный характер и не отражают универсальности трактования указанной категории и приверженности авторов единой точке зрения относительно сущности инновационного потенциала компаний.

На основе анализа литературы можно выделить различные определения понятия инновационного потенциала, некоторые из которых приведены в таблице 1. Из представленных определений самым лаконичным является определение Гунина В.Н., рассматривающее инновационный потенциал как меру готовности предприятия к

реализации инновационных преобразований или внедрения инноваций. При этом мера готовности предприятия к инновационной деятельности может быть диагностирована на основе оценки ресурсов, используемых для поиска, разработки и внедрения инноваций.

Таблица 1

## Варианты определения понятия «инновационный потенциал»

№	Автор	Определение	Ключевое слово
1	Трифилова А. А. [5]	Под инновационным потенциалом предприятия в современных условиях следует понимать его максимальные возможности генерировать высокую инновационную активность, которые проявляются в эффективном обеспечении новых и будущих технологий.	Максимальные возможности, новые и будущие технологии.
2	Гунин В. Н. [2]	Инновационный потенциал – мера готовности выполнить задачи, обеспечивающие достижение поставленной инновационной цели, т.е. мера готовности к реализации инновационного проекта или программы инновационных преобразований и внедрения инноваций.	Мера готовности, реализация, внедрение инноваций.
3	Лисин Б. К., Фридлянов В. Н. [4]	Инновационный потенциал предприятия, научно-технической организации – это совокупность научно-технических, технологических, инфраструктурных, финансовых, правовых, социокультурных и иных возможностей обеспечить восприятие и реализацию новшеств, т.е. получение инноваций.	Совокупность возможностей, реализация инноваций.
4	Косолапов О. В., Гиренко- Коцуба О. А. [3]	Инновационный потенциал – предполагаемые или уже мобилизованные ресурсы и организационный механизм (организационная структура и т.д.) для достижения поставленной цели в области наукоемких технологических процессов, новых видов продуктов или их модификации, а также новых услуг. Это мера готовности организации выполнять поставленные инновационные задачи.	Мобилизованные ресурсы и организационный механизм.
5	Завлин П. Н., Казанцев А. К., Миндель Л. Е. [6]	Инновационный потенциал – готовность и способность того или иного предприятия (организации) осуществить впервые и воспроизвести (воспринять) нововведение.	Готовность, способность осуществить.

В современных условиях сокращения срока жизни инноваций и динамичного перехода к инновациям следующего поколения предприятие вынуждено своевременно реагировать на вызовы рыночной экономики и, соответственно, управлять собственным инновационным потенциалом. При этом важно осознавать, какие структурные компоненты инновационного потенциала позволяют получить желаемый результат наиболее эффективно. Структура инновационного потенциала предприятия представлена на рис.2.



**Рис. 2.** Структура инновационного потенциала [4]

Для соблюдения регламента вышеуказанных требований применительно к инновационной деятельности энергетических сетевых компаний правомерно рассматривать инновационный потенциал, как интегральную характеристику, которая формируется из следующих составляющих [1]:

- научного потенциала;
- технического потенциала;
- финансового потенциала;
- интеллектуального потенциала;
- информационного потенциала.

Научный потенциал предприятия энергосетевого комплекса представляет собой совокупность научно-технических (технологических) собственных и приобретенных

разработок и изобретений. Важной составляющей научного потенциала является совокупность научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок, которые могут проводиться совместно с НИИ, вузами и прочими исследовательскими организациями.

Технический потенциал определяется техническим состоянием инфраструктурных возможностей энергетических сетевых компаний, внедрением и использованием передовых техник и технологий, обеспечивающих прохождение новшеством всех этапов инновационного цикла, превращение его в нововведение или инновацию.

Финансовый потенциал формируется под влиянием факторов внешней и внутренней среды энергетической сетевой компании, которые позволяют ей привлекать прямые и косвенные инвестиции, осуществлять поиск способов и источников финансирования инновационной деятельности, мобилизовать внешние и внутренние финансовые ресурсы.

Интеллектуальный потенциал энергетической сетевой компании подразумевает наличие у компании интеллектуального капитала, т. е. совокупности знаний, навыков и производственного опыта сотрудников, а также совокупность возможностей по его использованию и повышению.

Информационный потенциал подразумевает наличие нематериальных активов, включающих патенты, базы данных, программное обеспечение, товарные знаки и др., которые используются в инновационной деятельности предприятия. Специфическим видом ресурсов является степень разработанности и внедрения автоматических систем коммерческого учета электроэнергии, позволяющих проводить дистанционный мониторинг объема поставок электроэнергии потребителям в сопоставлении с объемами их потребностей в электрической энергии.

На основе вышеизложенного можно сделать вывод, что инновационный потенциал отражает интегральный уровень степени использования каждой составляющей инновационного потенциала энергетических сетевых компаний.

Существует два подхода к оценке инновационного потенциала: диагностический и детальный [7].

Диагностический подход предполагает анализ и диагностику инновационного потенциала и основан на использовании метода экспертных оценок. Суть данного подхода заключается в том, что ведущим специалистам (экспертам) предлагается выставить оценки по ряду параметров, которые составляют инновационный потенциал предприятия. Существенным недостатком данного подхода будет являться возможная субъективность мнений экспертов.

Детальный подход является более точным и эффективным. Установление фактического состояния инновационного потенциала происходит при последовательном численном вычислении потенциала каждого из компонентов и параметров. Среди недостатков можно отметить, что метод является трудоемким и требует знания очень большого числа показателей, информацией о которых менеджер чаще всего не обладает.

Динамика изменения уровня инновационного потенциала энергетических сетевых компаний за определенный период является основанием для принятия управленческих решений менеджментом компании относительно степени готовности предприятия к осуществлению и ведению инновационной деятельности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванова О.Е. Инновационная активность и инновационный потенциал энергетических сетевых компаний: понятие и структура // *Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Инновационная активность регионов в условиях современной экономики»*. 28 декабря 2010 г. – Иваново: изд-во «Научная мысль», 2010. – С. 140-146.

2. Гунин В. Н. Управление инновациями: 17 – модульная программа для менеджеров «Управление развитием организации». Модуль 7. – М.: ИНФРА, 2006. – 272 с.

3. Косолапов О.В., Гиренко-Коцуба О.А. Инновационный потенциал в оценке конкурентоспособности предприятий: Урало-Сибирская научно практическая конференция, / <http://www.uralweb.ru>

4. Лисин Б.К., Фридлянов В.Н. Инновационный потенциал как фактор развития // Инновации. – 2005. – № 7. – с. 17 – 34.

5. Трифилова А.А. Управление инновационным развитием предприятия. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 176 с.

6. Завлин П.Н., Казанцев А.К., Миндель Л.Е. Инновационный менеджмент. – М.:Наука, 1997. – 560 с.

1. Фатхудинов, Р. А. Инновационный менеджмент: учеб. для вузов / Р. А. Фатхудинов. – СПб.: Питер, 2010. – 448 с.

#### ОБ АВТОРАХ



**Дзинтер Наталья Витальевна**, старший преподаватель кафедры «Экономика предпринимательства»

e-mail: [dzinter@inbox.ru](mailto:dzinter@inbox.ru)



**Шарафиева Гузалия Айратовна**, магистрант кафедры управления инновациями УГАТУ, диплом экономиста-менеджера (УГАТУ, 2013).  
Формирование тарифной политики в энергосетевом бизнесе.

e-mail: [sharafieva.guzel@mail.ru](mailto:sharafieva.guzel@mail.ru)

УДК 338.45:621

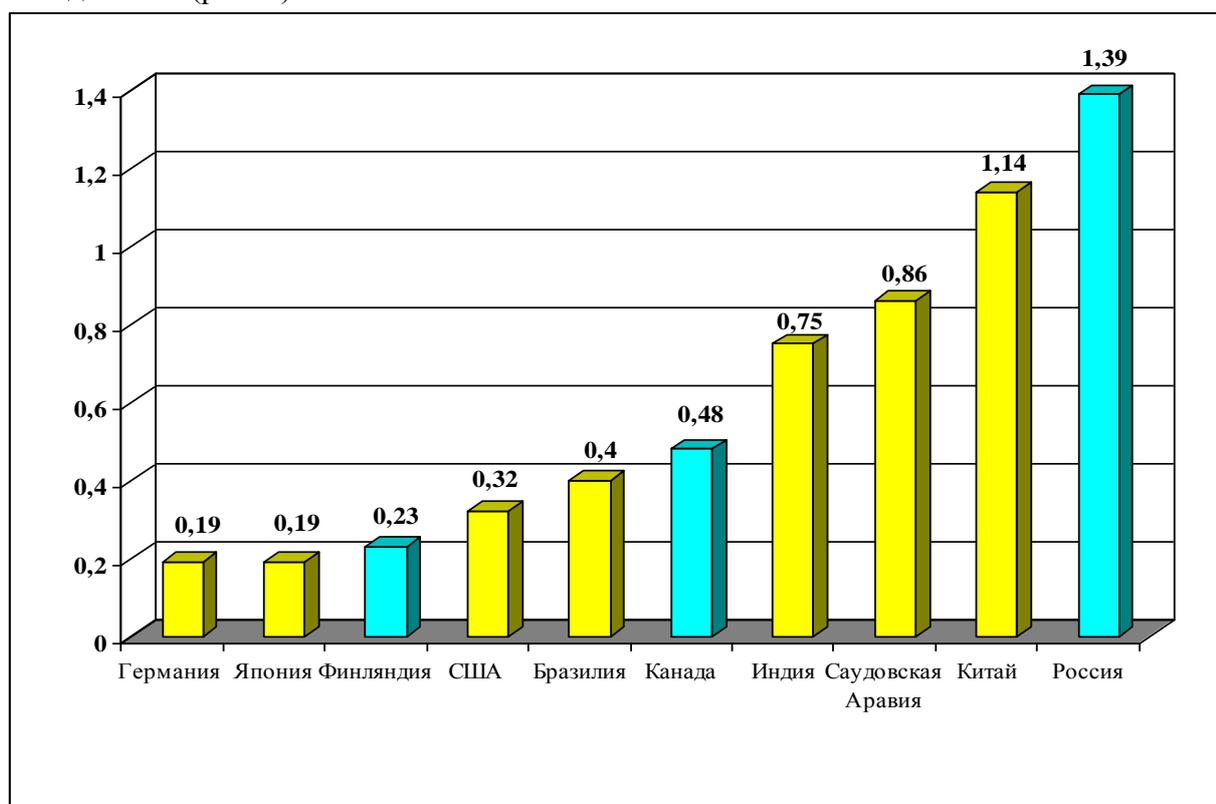
### SMART GRID КАК ИННОВАЦИОННЫЙ РЕСУРС МОДЕРНИЗАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ РОССИИ

**Дзинтер Н. В., Шарафиева Г. А.**

В настоящий момент энергоэффективность и энергосбережение являются приоритетными направлениями развития науки, технологии и техники в Российской Федерации. Необходимо отметить, что, согласно «Энергетической стратегии России на период до 2030 года», которая призвана обеспечить надежное, качественное и доступное энергоснабжение потребителей путем организации максимально эффективной и соответствующей мировым стандартам сетевой инфраструктуры, необходимо развитие высокотехнологичной энергетики.

«Энергетическая концепция России до 2030 года» принята правительством России 13 ноября 2009 года. Она сменила «Энергетическую стратегию России», рассчитанную до 2020 года от 28 августа 2003 года. Стратегия определяет энергетическую политику, целью которой является максимально эффективное использование природных энергоресурсов России и потенциала энергетического сектора для обеспечения устойчивого роста экономики страны.

Важными векторами развития топливно-экономического сектора России стратегия называет интеграцию в мировую экономику, создание конкурентной рыночной среды и переход к инновационному и энергоэффективному развитию. Также стратегия ставит целью переход экономики России от экспортно-сырьевой к ресурсно-инновационной ориентации, трансформацию экономики страны в пользу менее энергоёмких отраслей, повышения энергоэффективности и снижения энергоёмкости экономики до уровня стран с аналогичными природно-климатическими условиями, такими как в Канаде и странах Скандинавии (рис. 1).



**Рис. 1.** Энергоемкость ВВП в 2008 г., тонн условного топлива/ тыс. евро ВВП

Если сравнить эффективность использования энергии на производстве в России, Канаде и Финляндии, находящихся в одном климатическом поясе, то можно сделать вывод, что энергоемкость ВВП РФ остается на непозволительно высоком уровне даже с учетом суровых климатических условий на большей части территории страны.

Технологическая инфраструктура современных электроэнергетических систем в настоящее время является сложной человеко-машинной системой, включающей в себя множество различных пространственно распределенных, но взаимосвязанных технических элементов, в режиме реального времени осуществляющих процессы производства, транспорта, передачи и распределения электрической энергии и реализующих общую стратегическую цель – обеспечить надежное электроснабжение потребителей энергии. Однако организационно эти технологически взаимосвязанные элементы являются и составной частью самостоятельных хозяйствующих организаций (генерирующих, транспортных и сбытовых энергетических компаний), осуществляющих

в условиях рыночной экономики реализацию собственных экономических целей, связанных с получением прибыли или вновь добавленной стоимости.

Традиционные технологии управления потоками электрической энергии в электроэнергетических системах со сложной инфраструктурой стали весьма ненадежными, о чем свидетельствуют представленные в таблице 1 системные аварии, а экономически – крайне неэффективными (рис.1), что породило потребность в разработке новой концепции управления, известной под названием «умной» (Smart Grids) или «интеллектуальной».

Таблица 1

## Крупнейшие аварии в энергосистеме РФ за последнее десятилетие

Авария	Причина	Длительность отсутствия энергообеспечения	Ущерб	Последствия
Авария энергосети в Москве (25.05.05)	Износ оборудования, отсутствие резервных мощностей на ПС «Чагино».	10-15 мин.	2 млрд. 212 млн. руб.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Торговые площадки РТС и М</li> <li>• МВБ, приостановили торги в середине дня;</li> <li>• Предприятия ЗИЛ, Московский подшипниковый завод, Московский НПЗ и многие другие организации остановили производство;</li> <li>• Межрегиональный центр информатизации Центрального банка РФ, на который приходится основная часть расчётов в стране, сместил время платежей на несколько часов. Многие банки вынуждены были прекратить работу части своих офисов и филиалов;</li> <li>• Из работы были исключены 52 из 170 станций Московского метро, в туннелях на разных линиях остановилось 43 состава, в которых находилось около 20 тыс. человек и т.д.</li> </ul>
Авария энергосети в Санкт-Петербурге (20.08.10)	Износ оборудования на ПС «Восточная»	45 мин.	300 млн. руб.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 40 % площади Петербурга с пригородами (север и часть центра города), а также несколько районов Ленинградской области полностью остались без электроснабжения;</li> <li>• отключилась подача воды;</li> <li>• некоторое время не работала 1-я линия метро.</li> </ul>

В целях решения сложившихся проблем в рамках «Энергетической стратегии России на период до 2030 года» поставлена задача развития высокотехнологичной энергетики, и в качестве приоритетных направлений в электроэнергетике выделены следующие [10]:

- создание высокоинтегрированных интеллектуальных системообразующих и распределительных электрических сетей нового поколения в Единой энергетической системе России (интеллектуальные сети – Smart Grid);
- использование низкотемпературных сверхпроводниковых индукционных накопителей электрической энергии для электрических сетей и гарантированного электроснабжения ответственных потребителей;
- широкое развитие распределенной генерации;
- развитие силовой электроники и устройств на их основе, прежде всего различного рода сетевых управляемых устройств (гибкие системы передачи переменного тока – FACTS);
- создание высокоинтегрированного информационно-управляющего комплекса оперативно-диспетчерского управления в режиме реального времени с экспертно-расчётными системами принятия решений;
- создание высоконадёжных магистральных каналов связи между различными уровнями диспетчерского управления и дублированных цифровых каналов обмена информацией между объектами и центрами управления;
- создание и широкое внедрение централизованных систем противоаварийного управления, охватывающих все уровни Единой энергетической системы России;
- создание автоматизированных систем управления спросом на электроэнергию;
- создание водородных систем аккумулирования энергии и покрытия неравномерностей графика нагрузки и т.д.

Таким образом, в Энергетической стратегии элементы концепции Smart Grid рассматриваются как приоритетные направления научно-технического прогресса в электроэнергетике. Надо отметить, что в последнее время в России наблюдается возрастающий интерес к интенсивно развивающемуся во всем мире направлению научно-технологического инновационного преобразования электроэнергетики на базе новой концепции, получившей за рубежом название Smart Grid, интерпретированное в различных переводах в основном как «интеллектуальная (умная) сеть (энергосистема)» (в России этому термину соответствует понятие – активно-адаптивные сети). Основными идеологами разработки такой концепции выступили США и страны Европейского Союза (ЕС), принявшие ее как основу своей национальной политики энергетического и инновационного развития. В последующем концепция Smart Grid получила признание и развитие практически во всех крупных индустриально развитых и динамично развивающихся странах, где развернут широкий спектр деятельности в этом направлении.

При этом модернизация подразумевает не просто восстановление основных производственных фондов, текущих и инвестиционных активов хозяйствующих субъектов всех звеньев электроэнергетики, но и обеспечение энергетической (и экологической) безопасности и эффективности (энергетической и экономической) за счет нового облика — «интеллектуальной» энергетики [7].

Создание такой системы — необходимость, обусловленная существенным усложнением задач структурной организации и управления в электроэнергетике в условиях реформирования, растущим спросом на энергетические услуги в их количественном и качественном виде.

В то же время однозначная и общепринятая интерпретация термина и даже однозначное понятие Smart Grid пока еще не выработано. В различных публикациях Smart Grid трактуется несколько по-разному, отражая в первую очередь взгляды и позиции основных заинтересованных и участвующих в развитии этого направления сторон в соответствии с их интересами.

Таблица 2

## Варианты определения понятия «Smart Grid»

№ п/п	Организация, предложившая определение	Определение	Ключевое слово
1	Европейской технологической платформой, Smart Grid (European Technology Platform SmartGrids) [1].	Smart Grid – это электрические сети, удовлетворяющие будущим требованиям по энергоэффективному и экономичному функционированию энергосистемы за счет скоординированного управления и при помощи современных двусторонних коммуникаций между элементами электрических сетей, электрическими станциями, аккумулирующими источниками потребителями.	Сети, удовлетворяющие будущим требованиям.
2	Национальная энергетическая лаборатория исследования современных сетевых технологий (The National Energy Technology Laboratory Modern Grid Initiative) [2].	Smart Grid – это совокупность организационных изменений, новой модели процессов, решений в области информационных технологий, а так же решений в области автоматизированных систем управления технологическими процессами и диспетчерского управления.	Автоматизированные системы управления технологическими процессами и диспетчерского управления.
3	Институт Инженеров по электротехнике и электронике (The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)The IntelliGrids) [3].	Smart Grid – это новая энергетическая инфраструктура передачи и распределения, которая интегрирует продвижение в коммуникациях, компьютерных системах и электронике для обеспечения требований энергетики будущего.	Концепция полностью интегрированной, саморегулирующейся и самовосстанавливающейся ЭЭС.
4	Министерство энергетики США [4].	Smart Grid – полностью автоматизированная энергетическая система, обеспечивающая двусторонний поток электрической энергии и информации между электрическими станциями и устройствами повсеместно. Smart Grid за счет применения новейших технологий, инструментов и методов наполняет электроэнергетику «знаниями», позволяющими резко повысить эффективность функционирования энергетической системы.	Полностью автоматизированная энергетическая система.
5	Институт энергетических исследований РАН	Активно – адаптивная сеть (ААС) – это совокупность подключенных к генерирующим источникам и потребителям электрической энергии активных электрических сетей.	Активные электрические сети

С точки зрения Министерства энергетики США, интеллектуальным сетям (Smart Grid) присущи следующие атрибуты [5]:

- способность к самовосстановлению после сбоев в подаче электроэнергии;
- возможность активного участия в работе сети потребителей;
- устойчивость сети к физическому и кибернетическому вмешательству злоумышленников;
- обеспечение требуемого качества передаваемой электроэнергии;
- обеспечение синхронной работы источников генерации и узлов хранения электроэнергии;
- появление новых высокотехнологичных продуктов и рынков;
- повышение эффективности работы энергосистемы в целом.

В России идея Smart Grid в настоящее время выступает в качестве концепции интеллектуальной активно-адаптивной сети, которая обладает следующими признаками [6]:

- насыщенность сети активными элементами, позволяющими изменять топологические параметры сети;
- большое количество датчиков, измеряющих текущие режимные параметры для оценки состояния сети в различных режимах работы энергосистемы;
- система сбора и обработки данных (программно-аппаратные комплексы), а также средства управления активными элементами сети и электроустановками потребителей;
- наличие необходимых исполнительных органов и механизмов, позволяющих в режиме реального времени изменять топологические параметры сети, а также взаимодействовать со смежными энергетическими объектами;
- средства автоматической оценки текущей ситуации и построения прогнозов работы сети;
- высокое быстродействие управляющей системы и информационного обмена.

На основе указанных признаков можно охарактеризовать Smart Grid как совокупность подключённых к генерирующим источникам и электроустановкам потребителей программно-аппаратных средств, а также информационно-аналитических и управляющих систем, обеспечивающих надёжную и качественную передачу электрической энергии от источника к приёмнику [8].

Интеллектуальная энергетика рассматривается как целостная технологическая платформа, отвечающая энергетическим нуждам новой, инновационной экономики 21 века, запросам постиндустриального общества, требованиям устойчивого развития. На самом деле технологический базис концепции Smart Grid намного шире, чем просто интеллектуальные сети, он включает в себя и учет, и программы улучшения энергоэффективности, и потребительские технологии (рис. 2).

В настоящее время в ряде российских энергетических компаний разрабатываются и реализуются проекты, которые предусматривают использование элементов технологического базиса Smart Grid. Условно такие проекты можно разделить на 3 группы: системные проекты, инфраструктурные проекты, локальные проекты. [7]

Системные проекты. К данной группе можно отнести один из важнейших реализуемых в настоящее время проектов в интересах ОАО «СО ЕЭС» — создание системы SCADA EMS. Данная система способна заменить большинство локальных, узкоспециальных комплексов ОАО «СО ЕЭС» в таких областях его деятельности, как долгосрочное, среднесрочное, краткосрочное планирование электрических режимов ЕЭС России, процедуры поддержки рынка электроэнергии и мощности, рассмотрение диспетчерских заявок на вывод в ремонт оборудования и многих других.



Рис. 2. Структура технологического базиса концепции Smart Grid

Инфраструктурные проекты:

- Программа создания информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ).
- Система мониторинга переходных режимов (WAMS) в России, состоящая из регистрирующих приборов, систем обмена информацией между концентраторами данных и центрами управления, а также средств обработки полученной информации.
- Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС). В настоящее время осуществляется создание Единой технологической сети связи электроэнергетики, которая строится на базе широкого внедрения современных цифровых коммутационных узлов за счет строительства ВОЛС и т.д.

Локальные проекты. К этой группе относятся проекты, реализуемые различными энергетическими компаниями, как правило, сбытовыми и электросетевыми: организация систем многотарифного учета, установка биллинговых систем, реализация устройств дистанционного ограничения и отключения. Примеры инсталляций таких систем единичны. Наиболее масштабным и интересным локальным проектом внедрения концепции Smart Grid в России является создание «умного» города в Белгороде. [7]

Создание интеллектуальной энергосистемы в России будет сопровождаться рядом общесистемных эффектов. Основные их типы связаны с переходом к новому качеству управления в энергосистеме [9]:

- эффекты управления спросом обеспечивают изменение режимов электропотребления, снижение максимума и уплотнение графика нагрузки в энергосистеме, а в ряде случаев сопровождаются и общим снижением уровня электропотребления;

- эффекты управления потерями при передаче и распределении электроэнергии формируются за счет сокращения ненагрузочных потерь при внедрении новых типов проводов и силового оборудования и уменьшения нагрузочных потерь при переходе к интеллектуальному качеству управления режимами сети, а также вследствие изменения режимов электропотребления при реализации эффектов управления спросом;

- эффекты управления пропускными способностями линий в основной и распределительной сети обеспечивают увеличение допустимых перетоков мощности за счет внедрения технологий гибких передач и новых систем автоматизированного мониторинга статической устойчивости сети;

- эффекты управления надежностью и качеством энергоснабжения обеспечивают снижение частоты и продолжительности аварийных ситуаций, служащих причиной прямого недоотпуска электроэнергии потребителям или ненадлежащего качества. При этом, как следствие, снижаются прямые экономические потери потребителей из-за упущенной финансовой выгоды, порчи сырья, оборудования, расходных материалов.

Совместное влияние данных эффектов количественно отражается на балансовой ситуации в энергосистеме России через изменение потребности в электроэнергии и установленной мощности и приводит к их взаимному усилению (синергии). В результате изменения потребности в электроэнергии и установленной мощности электростанций оказываются больше, чем рассчитанные в виде простой суммы эффектов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. European Commission Directorate-General for Research Information and Communication Unit European Communities: «European Technology Platform Smart Grids, Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the future», European Communities, 2006.
2. The National Energy Technology Laboratory: «A vision for the Modern Grid», March 2007.

3. Smart Power Grids - Talking about a Revolution. IEEE Emerging Technology Portal, 2009.
4. «Grids 2030». A National Vision for Electricity's Second 100 years. Office of Electric Transmission and Distribution of USA Department of Energy, 2003
5. <http://www.oe.energy.gov/smartgrid.htm> (интернет-ресурс).
6. Дорофеев В.В., Макаров А.А. Активно-адаптивная сеть – новое качество ЕЭС России // Энергоэксперт, 2009, № 4 (15).
7. Кобец Б.Б., Волкова И.О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid. — М.: ИАЦ Энергия, 2010. — 208 с.
8. Ледин С.С. Интеллектуальные сети Smart Grid — будущее российской энергетики// Автоматизация и ИТ в энергетике, 2010, № 10 (16).
9. Технологическая платформа «Интеллектуальная энергетическая система России», Москва, 2012 — 53 с.
10. Распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 N 1715-р «Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года».

#### ОБ АВТОРАХ



**Дзинтер Наталья Витальевна**, старший преподаватель кафедры «Экономика предпринимательства»

e-mail: [dzinter@inbox.ru](mailto:dzinter@inbox.ru)



**Шарафиева Гузалия Айратовна**, магистрант кафедры управления инновациями УГАТУ, диплом экономиста-менеджера (УГАТУ, 2013). Формирование тарифной политики в энергосетевом бизнесе.

e-mail: [sharafieva.guzel@mail.ru](mailto:sharafieva.guzel@mail.ru)

УДК 173.1

### ЭТИКА СЕМЕЙНЫХ ОТНОШЕНИЙ

**Калимуллина Э. Р.**

Семья начинается с любви двоих, любви, целью которой является не эгоистическое удовлетворение, а радость, основанная на радости другого человека, когда любящий испытывает счастье, доставляя удовольствие любимому. Такая способность любить зависит от способности к сопереживанию, от умения думать в первую очередь не о себе, а о любимом человеке, умения заботиться о нем. В совместной жизни многое зависит не только от взаимности любви, но и от нравственной, психологической, сексуальной и даже бытовой культуры партнеров.

В каждом социуме, в соответствии с их нормами и правилами существует понятие семьи, семейных или брачных отношений. Рано или поздно за ухаживаниями молодого человека, следуют более сложные личностные отношения, которые приводят к созданию

семьи. Этот новый виток в жизни каждого человека, влечет за собой множество изменений и в нем самом и в окружающих его людях. Молодой человек станет отцом, его родители дедушкой и бабушкой. Появятся новые роли, новые паттерны поведения.

И конечно, не всегда процесс перестройки сопровождается только позитивными изменениями. В процессе развития брачных отношений будут появляться различные проблемы, и, наверное, каждому человеку хочется, чтобы семья прошла все эти проблемы.

Жизнь семьи характеризуется материальными и духовными процессами. Через семью сменяются поколения людей, в ней человек рождается, через нее продолжается род. Семья, ее формы и функции напрямую зависят от общественных отношений в целом, а также от уровня культурного развития общества. Естественно, чем выше культура общества, следовательно, тем выше культура семьи.

### **Семья и брак**

Брак – общественный институт, регулирующий отношения между мужчиной и женщиной как гражданами государства.

Семья есть основанная на браке или кровном родстве объединение людей, связанных общностью быта и взаимной ответственностью.

К основным функциям семьи относятся: поддержание биологической непрерывности благодаря рождению детей и обеспечению биологического существования (пищи, жилища, одежды; создание культурной непрерывности), передача новым поколениям общественного - культурного наследия. Семья дает человеку полноту жизни, огромную радость, делает его счастье более глубоким, эмоционально более насыщенным.

Но вот брак заключен, еще вчера два человека были чужими, могли поступать по своему усмотрению, а сегодня, после регистрации брака, все изменилось; родилась новая семья. Поступки молодых должны быть согласованы. Это первый барьер, который супругам предстоит преодолеть. К сожалению, таких барьеров на пути к семейному счастью много. Второй барьер – это необходимость сбалансировать эмоциональные и интеллектуальные запросы, не дать родиться чувству неудовлетворенности друг другом, умело устраивать психологический дискомфорт. Этот барьер особенно трудно преодолит потому, что многие слабо знают мужскую и женскую психологию. За последние годы психологи значительное внимание уделяют психологическим проблемам в семье.

Если все члены семьи стараются ладить между собой и избегать конфликтов, в доме всегда будут царить мир и согласие. Этого не так-то просто достичь, порой необходимо большое усилие, чтобы погасить искры разгорающейся ссоры.

### **Этика семейных отношений**

Кое-кто считает, что вежливость необходима лишь вне дома, а в семейном кругу можно и расслабиться. Однако расслабиться — не значит забыть все вежливые слова. Вам кажется, что «пожалуйста», «спасибо», «прости» не нужны, можно обойтись и без них. Да, в некоторых случаях можно и в самом деле не употреблять этих условных выражений. Если речь идет о вещах обыденных, находящихся в компетенции, к примеру, жене муж может просто напомнить: «Заплати за телефон». Он не обязан постоянно «просить» об этом. Муж может и не благодарить жену всякий раз, когда она ставит перед ним обед, как и ей не обязательно говорить «спасибо», когда он подает ей пальто. Просить об услуге и благодарить следует в иных случаях. К примеру, муж может сказать: «Принеси, пожалуйста, мои сигареты, мне не хочется прерывать работу». За оказанную услугу он должен поблагодарить жену.

Большую роль во взаимоотношениях близких людей играет интонация. Она способна свести на «нет» все вежливые выражения. Фраза: «Налей мне кофе» — может звучать доброжелательно и вежливо, в то время как слова: «Очень прошу, налей, пожалуйста, кофе» — могут напоминать приказ. В каждой семье приняты свои обращения друг к другу. Нет ничего плохого, когда муж называет жену «малышка», а она его «котик», однако эти ласкательные прозвища не предназначены для посторонних ушей. В присутствии третьих лиц лучше называть друг друга по имени.

У супругов часто вызывает затруднение обращение к родителям супруга. Если вы не хотите или не можете называть тещу или свекровь мамой, обращайтесь по имени-отчеству. Не стоит звать тещу «бабушкой», а свекровь «тетей Машей», это невежливо.

Очень часто причиной конфликтов является совместное проживание в квартире супругов и их родителей. Особенно часты ссоры, когда в одной квартире проживают свекровь и невестка. Не стоит выяснять, кто из них «хозяйка», они обе имеют равные права на это «звание», даже если невестка не принимает большого участия в хозяйственных делах из-за своей занятости на работе и в учебе. В то же время и свекровь, по причине болезни, не имеющая нагрузок в домашних делах, остается «старшей» хозяйкой: ей предоставляют почетное место за столом и советуются по поводу изменений в быту. Крайне невежливо поступают семьи, отстраняющие стареньких бабушек от участия в жизни семьи, не приглашающие их за праздничный стол во время семейных торжеств.

Если в гости приходят ровесники дочери или зятя, матери не обязательно принимать участие в их вечеринках. Она может выйти к ним на несколько минут, чтобы поздороваться. Точно так же и представители младшего поколения не обязаны присутствовать при встречах родителей и их друзей. Делать это нужно лишь тогда, когда мать или отец специально просят детей об этом.

Чтобы в доме не возникало конфликтов, младшее поколение должно всегда проявлять вежливость по отношению к старшему поколению.

Каждый член семьи должен уважать интересы и вкусы друг друга. Если муж любит смотреть футбол или по выходным дням ездит на рыбалку, жене не стоит возмущаться этим. Если субботу он проведет с удочкой на берегу реки, то уж воскресный день точно посвятит делам семейным. Так же и муж должен учитывать интересы жены. Ни в коем случае не следует говорить с осуждением: «Разве умная женщина может смотреть такой глупый фильм!», когда жена смотрит свой любимый сериал по телевизору.

Соблюдайте тайну переписки. Родители не должны читать писем, предназначенных их детям. Супругам следует так же поступать и по отношению друг к другу. Тот, кто шарит по карманам близких в поисках записок или писем, поступает крайне некрасиво.

Если вы садитесь за стол, фраза: «Приятного аппетита» — вовсе не обязательна. А вот после еды воспитанный человек должен сказать: «Спасибо».

Знайте, что в обязанности мужа входит следующее:

- подавать верхнюю одежду жене, причем не только в публичном месте, но и в собственной прихожей, где вас никто не видит;
- не читать газету за обедом;
- хвалить стряпню жены;
- на любом танцевальном вечере первый танец обязательно танцевать с женой;
- делать жене комплименты, замечать ее новое платье или новую прическу;
- проходя в дверь, пропускать жену первой. Выходить из троллейбуса первым и подавать жене руку;
- время от времени делать жене мелкие подарки и покупать цветы без всякого повода;
- в присутствии жены не глядеть вслед другим женщинам;
- навсегда забыть аргумент: «Я зарабатываю и требую, чтобы...»;
- не ходить по квартире полуодетым;
- уходя из дома в выходные дни или в нерабочее время, всегда сообщать жене о цели своего ухода и о времени возвращения.

Жена тоже должна помнить о вежливости по отношению к своему мужу. Ей стоит обратить внимание на следующее:

- выбирая наряды и аксессуары к ним, прислушивайтесь и к мнению мужа, а не только к советам подружек;

- старайтесь по возможности чаще готовить то, что любит муж;
- не вторгайтесь в сферу его «священных интересов»: не ройтесь в его портфеле или сумке, не берите без разрешения его личные вещи, не наводите порядок в его ящике;
- если ваш муж в очередной раз рассказывает в компании одну и ту же историю, изрядно вам поднадоевшую, или бородатый анекдот, не старайтесь оборвать его речь фразой: «Это все уже слышали»;
- не критикуйте его в присутствии ваших детей. И вообще, не выясняйте отношения с ним при детях, это можно сделать и без свидетелей;
- ни в коем случае не высказывайте возмущения в отношении его привязанности к матери;
- хвалите его чаще, делайте комплименты, внимательно выслушивайте его советы.

Конечно, в жизни бывают разные ситуации, и конфликтов не всегда можно избежать. В споре не следует ссылаться на мнение третьих лиц. Стоит во время самой дружелюбной беседы привести мнение мамы одного из супругов, как спокойный и вежливый спор превращается в скандал.

Взаимные претензии способны убить самые нежные чувства, даже если упреки и заслуженные. Старайтесь делать замечания близким дружелюбно и ненавязчиво, не повторяйте их многократно. Если человек не реагирует на ваши замечания, это не значит, что он их не слышал. Вероятно, он не может или не хочет поступать иначе. Прощайте тем, кого любите, их слабости, ведь и вы вряд ли вообще не имеете недостатков. Однако это вовсе не призыв к всепрощению. Если человек требователен к себе, -он может ждать подобного и от своих близких. Самое главное — найти подходящее время и правильную форму высказывания требований.

#### **Влияние этики семейных отношений на членов семья (на формирование личности)**

Основы хорошего воспитания закладываются в детстве, однако, если родители требуют от детей того, чего никогда не исполняют сами, они вряд ли добьются желаемого. Как бы отец или мать ни внушали сыну или дочери, что говорить нецензурные слова некрасиво, ребенок никогда не воспримет этого, если родители сами частенько в ссорах используют ненормативную лексику. Ребенку свойственно подражать тем, кто является для него авторитетом, а это в первую очередь именно родители. Хотите, чтобы ваше чадо было вежливым — станьте для него примером.

Если вы хотите, чтобы ваш ребенок научился хорошим манерам, постарайтесь обучить его этому как можно раньше. Как только малыш начал есть самостоятельно, дайте ему детские столовые приборы. Чем раньше вы начнете обучение ребенка правилам этикета, тем быстрее он научиться держать себя правильно и непринужденно не только за столом, но и в иных ситуациях. Стоит, однако, помнить, что даже если друзья восхищаются вашим малышом, ему еще рано сидеть за общим столом вместе со взрослыми гостями. Во время торжества детей лучше посадить за отдельный столик.

Когда в семье растет несколько детей, между братьями и сестрами должны существовать вежливые и дружелюбные отношения. Это возможно, если родители любят детей одинаково и не дают повода кому-то из них почувствовать, что к нему относятся хуже, чем к другому.

Конечно, без ссор ни в одной семье не обходится, это дело привычное и обычное. Но не правы те родители, которые считают, что дети должны разбираться сами: ни в коем случае нельзя допускать, чтобы дело дошло до драки или бранных выражений. Детей нужно учить владеть собой, это поможет им в будущем сохранять самообладание даже в самых непростых ситуациях.

#### **Заключение**

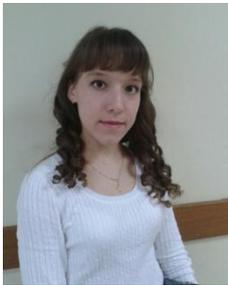
Во время семейной жизни, особенно длительной, происходит взаимное влияние супругов друг на друга как в положительном, так и в отрицательном плане. Вступая в

общение, супруги неизбежно подтягиваются. Достоинства любимого заставляют строже взглянуть на себя. Таким образом, с женитьбой (замужеством) человек не теряет свободы, а наоборот приобретает опору.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. И. Л. Зеленкова, Е. В. Беляева Этика. МИНСК. 2001.
2. А. А. Гусейнов, Е. Л. Дубко Этика. М. 2003.
3. С. Васильев. Психология любви. М. 1992.
4. М. Н. Росенко Основы этических знаний. - СПб: ЛАНЬ, 1998.
5. Рюриков Ю. Три влечения: любовь, её вчера, сегодня и завтра. Кемерово: Книги, 1984.
6. Соловьев В. С. Оправдание добра / Соловьев. Сочинения в двух томах. М.: Мысль, 1988.
7. Этика: Энциклопедический словарь / под ред. Р. Г. Апресяна и А. А. Гусейнова. - М.: ГАРДАРИКИ, 2001.

#### ОБ АВТОРАХ



**Калимуллина Элида Рашитовна**, студент группы СТС-202 каф. информатики, ФИРТ УГАТУ

e-mail: [kalimullina.elida@yandex.ru](mailto:kalimullina.elida@yandex.ru)

УДК 331.1

#### ОРГАНИЗАЦИЯ МАРКЕТИНГА ПЕРСОНАЛА

**Мурзаянов А. В., Науразбаева Ю. В.**

Маркетинг как самостоятельное научное направление занял весомое место в ряду достижений экономической и управленческой мысли благодаря результативности маркетинговых технологий.

В современных экономических условиях потребность в маркетинге не только возросла, но и проявляется в различных сферах деятельности. Подобная тенденция не случайна, так как является естественной реакцией на чрезмерную стихийность развивающегося рынка. Ситуация на рынке труда является сложной, в некоторых отраслях более острой, чем на рынках сбыта и капитала. В кадровом менеджменте маркетинговые технологии востребованы так же, как и в иных областях деятельности.

Маркетинговый подход опирается на рыночное мышление, что отличает его от традиционных административных концепций управления персоналом. Однако использование маркетинговых механизмов в практике управления персоналом тормозится тем, что в современной России маркетинговый подход обычно применяется не комплексно, а эпизодически, ситуационно.

Маркетинговый подход применительно к сфере управления человеческими ресурсами предполагает два основных направления: маркетинговое управление персоналом организации и управление маркетингом персонала в организации. Оба направления тесно взаимосвязаны друг с другом единым маркетинговым процессом, который называется маркетингом персонала. Маркетинг персонала как вид

управленческой деятельности, в первую очередь, направлен на определение и покрытие потребности в персонале, а также служит стабилизации кадрового состава, повышению его приверженности организации и мотивации в целом, укреплению организационной культуры, улучшению имиджа организации.

Первое направление маркетингового подхода маркетинговое управление персоналом, рассматривается как часть стратегии управления человеческими ресурсами, целью которой является оптимальное использование кадровых ресурсов путем создания максимально благоприятных условий, содействующих повышению эффективности труда, развитию в каждом сотруднике партнерского и лояльного отношения к предприятию. Успех персонал-маркетинга измеряется не количеством работников, желающих поступить на предприятие, а обеспечением стремления наиболее подходящих, лучших сотрудников поступать на предприятие или же оставаться работать на нем. Персонал (в том числе и потенциальный) рассматривается в качестве внешних и внутренних клиентов организации [3]. Фактически это «продажа» продукта (рабочего места) сотрудникам организации.

И в условиях меняющегося отношения к персоналу появилось такое направление рекрутинга как хэдхантинг, когда для эффективной адаптации сотрудника и получения от него максимального результата прикладываются огромные усилия по воссозданию комфортной среды.

Второе направление управление маркетингом персонала в организации предполагает толкование маркетинга как инструмента управленческой деятельности, направленного на определение и покрытие потребности организации в персонале на основе имеющейся информации о состоянии персонала предприятия и рынка труда. Основными функциями в рамках данного подхода являются: определение количественной и качественной потребности в персонале; расчет затрат на приобретение и дальнейшее использование персонала; выбор путей покрытия потребности в персонале.

Маркетинг персонала в его комплексном толковании является «функциональной подсистемой общей системы управления персоналом» в организации [1]. Данная подсистема включает «разработку кадровой политики, разработку стратегии и управления персоналом, анализ кадрового потенциала, анализ рынка труда, организацию кадрового планирования и кадровый контроллинг, планирование и прогнозирование потребности в персонале, организацию рекламы, продвижение взаимосвязи с внешними источниками, обеспечивающими организацию кадрами, проведение аудита персонала, формирование благоприятного имиджа работодателя» [1]. Таким образом, маркетинговый подход применительно к области управления персоналом связан с превращением покупательной способности потребителей (потенциальных или реальных сотрудников организации) в эффективный спрос на специфический продукт рабочее место.

Отличие двух направлений маркетинга персонала заключается в управленческом «масштабе»: маркетинговое управление реализуется на уровне всей организации и является элементом кадровой политики организации; управление маркетингом персонала предполагает выделение определенной специфической функции службы управления персоналом, причем данная деятельность относительно обособлена от других направлений работы кадровой службы. Опыт деятельности передовых компаний показывает, что результативность применения маркетингового подхода во многом зависит от комплексности маркетингового процесса.

Разрабатывая стратегию реализации маркетинга, организация может использовать массовый или целевой ее вариант. Массовая стратегия маркетинга предполагает большой потенциальный рынок, на котором, например, массовое стимулирование определенных маркетинговых услуг осуществляется одинаково для всех потребителей без различия.

Целевая маркетинговая стратегия предполагает обслуживание конкретных групп потребителей, относящихся к одному или нескольким сегментам рынка, то есть с учетом их особенностей. По сравнению с массовым, целевой маркетинг имеет ряд преимуществ.

Фокусируя свою деятельность на тщательно отобранных сегментах, приспособив маркетинг-микс к нуждам потребителей конкретного сегмента, организация укрепляет свои позиции в определенной части рынка, и, как правило, сталкивается с меньшим количеством конкурентов. Целевой маркетинг персонала фокусируется на определенной целевой группе работников, которой может быть иностранный контингент для привлечения на отечественные предприятия, молодежь, женщины и т.д.

Потребность маркетинга в области управления персоналом чаще всего рассматривается в следующих кадровых процессах:

1. Подбор персонала в компанию:

- открытие вакансии;
- подбор персонала;
- заключение трудового договора;
- прохождение испытательного срока;
- оценочное собеседование.

2. Выбор системы мотивации (оплаты труда, компенсационного пакета) для персонала в компании:

- оптимизация системы оплаты труда;
- проведение аттестации;
- аттестационное собеседование;
- возможность изменения условий трудового договора.

Ситуация на рынке труда все чаще и чаще создает обратную корреляцию взаимоотношений «работник — работодатель — работник». Как на рынке покупатель выбирает продукт, так кандидат, имеющий позитивные результаты на предыдущем месте работы, выбирает компанию и решает для себя, какая компания ему наиболее интересна в зависимости от:

- ставящихся перед ним задач;
- корпоративной культуры компании;
- стабильности компании;
- уровня предлагаемого компанией дохода;
- возможности развития собственной карьеры;
- совпадения ценностей компании и своих собственных.

Маркетинг в области управления персоналом состоит из:

- 1) разработки профессиональных требований к кандидатам (сотрудникам) с учетом общих компетенций и результатов, требующихся данной компании (экономический анализ рабочего места и результата от выполнения поставленных задач);
- 2) определения качественной и количественной потребности в персонале (планирование оптимальной численности компании);
- 3) расчета затрат на приобретение и дальнейшее использование кандидатов (сотрудников);
- 4) выбора оптимальных источников и путей покрытия потребности в персонале;
- 5) исследования потребностей рынка персонала (для своевременной мотивации собственных сотрудников, уменьшения текучести кадров);
- 6) изучения среды, групп и категорий персонала (для своевременной мотивации собственных сотрудников, уменьшения текучести кадров, появления конкурентных преимуществ);
- 7) оценки потенциала спроса на рынке труда на данную компанию (наличие конкурентных преимуществ);
- 8) сегментации рынка труда для данной компании (наличие конкурентных преимуществ);
- 9) подготовки под целевой сегмент маркетинговых мероприятий (изучение и создание имиджа компании, создание информационных каналов и т.д.);

10) стимулирования персонала (наличие конкурентных преимуществ).

Маркетинг рассматривает рабочую силу с двух сторон: 1) как товар, где главным являются потребительские свойства работников; 2) как покупателя, который покупает рабочее место в обмен на свой труд.

При таком подходе мы имеем, с одной стороны, рынок рабочей силы и, с другой стороны, рынок рабочих мест. Как товар рабочая сила оценивается работодателем и зависит от его выбора, его решения. Как покупатель носитель рабочей силы оценивает и принимает решение о выборе рабочего места в зависимости от того, насколько оно способно актуализировать его способность к труду и удовлетворить ожидания.

Многие отечественные организации под маркетингом персонала подразумевают только ту работу, которая предшествует найму кандидата на вакансию, то есть внешний маркетинг, не считая собственных сотрудников объектом маркетинга персонала. В действительности же рынок персонала в каждый данный момент действует на каждом предприятии. Смысл внутреннего маркетинга персонала сводится к тому, что каждый работник обладает такими качествами, что может покинуть организацию и победить в любом конкурсе на новое рабочее место, но не делает этого, так как его удерживают благоприятные условия труда (производственный климат, возможности развития, оплата труда и т.п.).

Таким образом, в зависимости от места распространения (поля деятельности) следует различать внешний и внутренний маркетинг персонала.

Внешний маркетинг персонала означает, что предприятие концентрирует свои усилия на внешнем рынке рабочей силы. Основной задачей маркетинга персонала является внешнее профилирование предприятия, что, в первую очередь, означает передачу потенциальным кандидатам на вакансию позитивного настроения на организацию и обеспечение ее необходимыми, профессионально пригодными сотрудниками. Также сюда примешивается отношение разных поколенческих групп, так как они опираются на разные ценностные ориентиры, и реакция на различные инструменты может очень отличаться, как это показано на рисунке 1. Для этого осуществляется следующее:

- демонстрация особой привлекательности организации как места работы и доведение соответствующей информации до целевых групп - потенциальных работников;
- выбор и использование эффективных путей и мероприятий по обеспечению организации персоналом, например, профессиональные консультации, лизинг персонала и др.;
- определение и формулирование конкретных предложений по привлечению новых работников в организацию в зависимости от спроса, целевой группы и сроков покрытия потребностей в персонале - разработка и размещение рекламных объявлений о вакансиях, формирование и развитие особых образовательных программ, и другие предложения;
- анализ заявительных документов и отбор новых, профессионально пригодных работников.

Исследование внешнего рынка рабочей силы должно быть направлено также на выявление новых проблем, которые в перспективе могут стать существенными.

Внутренний маркетинг персонала сфокусирован на работниках, уже занятых в организации, и подразумевает принятие во внимание и формирование следующих наиболее важных пяти факторов привлекательности места работы:

- диапазон задач и ответственности работника на конкретном рабочем месте;
- возможность профессионального роста и реализация карьерных устремлений;
- возможность обучения, повышения квалификации и переподготовки при необходимости;
- производственный климат в коллективе, организационная культура;
- формирование системы мотивации и стимулирования трудовой деятельности. [3]



**Рис.1.** Ценности и их причины у разных поколений

Одна из принципиальных задач, стоящих на внутреннем рынке рабочей силы, состоит в оптимизации материальных и нематериальных стимулов, а также условий труда таким образом, чтобы каждое рабочее место в организации было и оставалось конкурентоспособным, чтобы решение работника - оставаться на предприятии или нет, принимать участие в решении его задач или не принимать, выполнять работу хорошо или плохо, было в пользу организации. Принятое работником решение имеет такое же значение для организации, как и решение потребителя, воспользоваться или нет его товарами или услугами.

Заемствованная из маркетинга товаров и услуг, технология маркетинга персонала включает разработку комплекса маркетинга. В зависимости от задействованных маркетинговых средств возможны различные модели комплекса маркетинга персонала. Например, 4 «Р» в области управления персоналом можно рассматривать следующим образом:

- продукт (Product) — сотрудник и (или) кандидат, имеющий качество (результат работы), которое требуется компании, торговую марку (имя, образование, опыт работы), свойства (компетенции, личностные и деловые характеристики); упаковка (имидж, внешний вид, умение презентовать себя, возраст);
- ценообразование (Pricing) — стоимость должности и (или) конкретного сотрудника (кандидата) на рынке труда;
- продвижение товара на рынок (Promotion) — PR персонала, выступление на конференциях, публикации, резюме, достигнутые результаты;
- место (Place) — востребованность данной должности на рынке труда и покупка (удержание) сотрудника (кандидата) компанией.

Время от времени следует сравнивать персонал компании с персоналом конкурентов и анализировать его по вышеуказанным 4 «Р».

Цель предоставления маркетинговой информации по персоналу руководителям подразделений и руководству компании и прогнозируемый результат — это своевременная мотивация и удержание ключевых сотрудников, а также экономически

выгодный подбор персонала на открывающиеся вакансии. Данный анализ позволяет своевременно корректировать уровень доходов ключевых сотрудников, оптимизировать систему оплаты труда в компании, оказывать мотивирующее воздействие на персонал, снижать текучесть кадров (если это необходимо), вплоть до изменения кадровой политики компании.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кибанов А.Я.** Основы управления персоналом. – М.: ИНФРА-М, 2010, 554с.
2. **Папонова Н.** Маркетинг в области управления персоналом // Кадры предприятия. – 2005. – № 4, с.2-3.
3. **Кибанов А.Я., Дуракова И.Б.** Управление персоналом организации: стратегия маркетинг, интернационализация. – М.: ИНФРА-М, 2011, 304 с.

### ОБ АВТОРАХ



**Ю. В. НАУРАЗБАЕВА** к.э.н., доцент кафедры менеджмента и маркетинга

Уфимского государственного авиационного технического университета, сфера научных интересов: маркетинг образования, управление персоналом

e-mail: naurazbaeva@yandex.ru



**А. В. МУРЗАЯНОВ**

Студент группы М-531 специальности 080507 «Менеджмент организации»

Уфимского государственного авиационного технического университета

e-mail: flik.92@mail.ru

УДК 929

### ПОКОЛЕНИЯ XYZ

**Алиева Е. В.**

Человеческое общество неустанно двигалось вперед в своем развитии. Старшие поколения всегда стремились передать подрастающим весь свой опыт, потенциал, идеи и принципы. Однако, чем дальше мы движемся вперед, тем больше становится пропасть между людьми разных поколений.

В школе на уроках литературы все мы читали и анализировали роман великого русского писателя И.Тургенева «Отцы и дети», в основе которого центральным является именно этот конфликт. Выращенные на разных ценностях, «отцы» и «дети» уже не могут понять и принять ценности друг друга. Ни одно поколение не может иметь одинаковых взглядов, поэтому конфликты между родителями и детьми в разных семьях различны. С одной стороны, молодость одинакова во все времена. Даже наши бабушки когда-то слышали от родителей «ну и молодёжь пошла». С другой стороны, многие отмечают, что сегодняшняя молодёжь не такая как всегда. Каждое поколение имеет свои особенности, которые зависят не от возраста, а от периода, на который пришлось взросление. Это

связано с тем, что в разные исторические периоды обществом (а вслед за ним и семьей) культивируются разные системы ценностей. А ведь ценности – тот фундамент, на котором базируется личность в период своего формирования. Окружающая среда оказывает значительное влияние на развитие личности и эта среда постоянно меняется.

Сегодня во всем мире очень модной стала так называемая «Теория поколений». В начале 90-х годов прошлого века два американца — экономист, демограф Нейл Хоув и драматург, историк Вильям Штраус — изучали такой популярный социальный феномен, как конфликт поколений. Им показалось странным, что модели поведения людей, принадлежащих к одному поколению, совершенно не похожи на модели поведения представителей поколения другого в пору того же возраста. Исследователи в 1991 году написали книгу «Generations» («Поколения»), в которой им удалось проследить изменения, происходившие в поведении американского социума со времен Колумба. Получалась интересная вещь: между поколениями явно прослеживались четыре основных типа, четко сменявших друг друга. Ученые обнаружили определенные периоды, когда большинство людей обладают сходными ценностями. Именно ценности и их сходство, а не возраст формируют и определяют поколение. В основу теории поколений Хоув и Штраус положили мысль о том, что поведение человека зависит от того, в каких условиях он жил и воспитывался до 12—14 лет, до этого возраста формируется собственная система ценностей, которая потом и проносится через всю жизнь. А поскольку события происходящие в обществе в один период времени похожи, то и ценности у одного поколения будут похожими. Авторы теории установили, что временной промежуток, в который рождаются представители одного поколения, - составляет примерно 20-30 лет. Это обусловлено тем, что в возрасте 20-25 лет среднестатистический человек становится родителем – поколение заменяется. Смена четырех поколений составляет цикл. Длительность цикла 80–90 лет. После завершения цикла начинается его повторение: пятое поколение обладает похожими ценностями с первым поколением. Дети, рожденные на стыке генераций, испытывают влияние двух групп ценностей и образуют так называемое переходное или эхо-поколение.

В 2003-2004 году была создана адаптация Теории Поколений для России. Её выполнила команда под руководством Евгении Шамис — координатора проекта Rugenerations.

В современном мире одновременно сосуществуют представители шести поколений. И представители поколений почти копируют друг друга, подтверждая поговорку «старый, что малый».

Сейчас в России проживают представители следующих поколений ( Рис.1):



Рис.1. Население России в зеркале территории поколений

- Поколение GI (1900-1923 г.р.)
- Молчаливое поколение (1923-1943 г.р.)
- Поколение Беби-Бумеров (1943-1963 г.р.)
- Поколение X (1963-1984 г.р.)
- Поколение Y или Миллениум (1984-2000 г.р.)
- Поколение Z (с 2000 г.р.)

### **Поколение GI**

Среди ныне живущих россиян самыми старшими является «поколение победителей». Их ценности формировались до начала тридцатых годов. А это значит, что на них наложили свои отпечатки целых три революции, 1905-го, Февральская и Октябрьская 1917-го, Гражданская война, две эпидемии (холера и «испанка»), НЭП, первые пятилетки, стахановское движение, коллективизация, электрификация. Как следствие, те, кому сейчас больше 85, несмотря ни на что, почти безоговорочно верят в светлое будущее и в социалистическую идеологию, отличаясь завидным трудолюбием, оптимизмом и высокой ответственностью. Для «победителей» жизнь — это непрерывная борьба, вне которой они себя ощущают дискомфортно и неуверенно. Воевать они умеют хорошо. При этом они — неисправимые оптимисты, свято верящие в идеалы светлого будущего, в то, что «через четыре года здесь будет город-сад». «Победители» - лучший выбор для тех, кто хочет организовать пикет, демонстрацию или шествие. Они готовы стоять насмерть не за деньги, а «за правду». Деньги для них вообще не важны — слишком чётко отпечатались в их подсознании времена, когда деньги не только ничего не решали, а ими оклеивали стены туалетов. А вот идеологическая накачка, база для них важна. Ради принятой идеологии они готовы терпеть лишения и идти на жертвы.

### **Молчаливое поколение**

Следующее поколение, почти полная противоположность породивших их «победителей». Воспитанные в условиях жесточайших сталинских репрессий, коллективизации, индустриализации, Второй мировой войны, послевоенной разрухи, голода, они молчаливы, исполнительны и чрезвычайно терпеливы.

Уважение к закону у них возведено в фетиш, как и уважение к должности и статусу человека. Начальник, с их точки зрения, просто не может быть не прав. Полное и беспрекословное подчинение стоящему выше по карьерной лестнице для «молчаливого» — это незыблемая жизненная установка. То, что именно в их «период роста» были изобретены антибиотики, позволившие лечить смертельные ранее заболевания, внушило им безоговорочное уважение к врачам. Слово доктора для «молчаливого» - закон, не подлежащий обсуждению. Понятие «семья» для «молчаливого» свято. В ней он чувствует себя полноценным и свободным человеком. В семье он может говорить на любые темы, обсуждать проблемы, о которых будет молчать в любых других местах. Активный отдых обязательно нацелен на пополнение запасов еды, которой так не хватало в детстве. Холодильник «молчаливого» всегда забит продуктами и консервами собственного приготовления.

«Молчаливые» по своей натуре - созерцатели. Их взгляд больше устремлен во внутренний мир, мир собственных представлений. Не случайно подавляющее большинство деятелей культуры и науки, которыми гордится наша страна, принадлежат к этому поколению. Родион Щедрин (1932), Майя Плисецкая (1925), Евгений Евтушенко (1933), Роберт Рождественский (1932), Валентин Распутин (1937), братья Аркадий и Борис Стругацкие (1925 и 1933) — все они родились именно в этот, «молчаливый» период.

### **Поколение Беби-Бумеров**

Поколение бэби-бумеров названо так в честь произошедшего после войны бума рождаемости. В основе их характера лежит психология победителей. Они росли в настоящей супердержаве, которую боялся и уважал весь мир, которая победила в самой страшной войне, покорила космос. И ко всем этим событиям они чувствовали себя

причастными лично. Для этих людей нет непреодолимых барьеров, они оптимисты, нацеленные на постоянное преодоление трудностей и обязательное достижение результата. «Бумер» - трудоголик, для достижения поставленной перед ним цели он не остановится ни перед чем. «Бумер» предпочитает работать в команде, так как именно команда, коллектив, выполняют у него роль той самой супердержавы, в которой он жил в детстве и без которой он ничего собой не представлял. Лучший спорт: футбол, хоккей, баскетбол. Лучший отдых: туризм или дача. По их мнению, отличительными качествами хорошего человека является активность и любознательность. Отсюда почти священный культ молодости: «бумеры» заботятся о здоровье, посещают фитнес-клубы, бегают по утрам, ходят в баню, стараются не болеть. Все для того, чтобы подольше оставаться активным и любознательным человеком. Ибо потеря активности для них равносильна разрушению фундамента и, фактически, смерти.

Из «бумеров» получаются великолепные политики, партийные и общественные деятели. Самые известные «бумеры» из российских политиков: Геннадий Зюганов (1944 год рождения), Владимир Жириновский (1946), Григорий Явлинский (1952) и Владимир Путин (1952).

### **Поколение X**

Поколение X, называют еще «неизвестное поколение» или «дети с ключом на шее». Фоном для них были «холодная война» и война в Афганистане, застой, наркотики, СПИД, тотальный дефицит, начало перестройки. Прокатившийся в их время по стране бум разводов сделал X-ов более гибкими в отношениях с людьми, а постоянная занятость родителей-трудоголиков на работе - более самостоятельными. У «бумеров» задача заботы о подрастающем поколении не была приоритетной. Напротив, с их точки зрения, чем больше трудностей вставало перед ребенком, тем счастливее он должен был быть. Именно оттуда и пошел «ключ на шее» - символ ранней самостоятельности. X-ы повзрослев, превратились в людей, для которых главными качествами стали постоянная готовность к переменам, расчет только на собственные силы, собственный опыт. К чужой помощи X прибегает крайне редко и неохотно. X - индивидуалист, противник всяческой толпы, тусовок. Главная ценность для него - возможность выбора. Лучшая работа для него та, которая позволяет проявить заложенные в нем творческие способности, широту и нестандартность мышления. А лучший отдых - пансионат, санаторий, пляж. При этом X-ы довольно циничны и прагматичны. Воспитанные за «железным занавесом», они не чувствовали на себе влияния других стран, поэтому понятие «патриотизм» у них ослаблено. Родина для X-а - это его семья, близкие, дети. Еще одна ценность - время. Они «уважают» полуфабрикаты, заболев, идут не в поликлинику, где надо стоять в очереди, а в платную больницу. Хотя и в неё они идут только в крайнем случае, не доверяя врачам и предпочитая лечиться самостоятельно.

Всё это приводит к тому, что из X-ов получаются прекрасные бизнесмены. Роман Абрамович (1966 год рождения), Михаил Ходорковский (1963), Олег Дерипаска (1968), Алексей Мордашов (1965), Михаил Прохоров (1965), Михаил Фридман (1964).

### **Поколение Миллениум или Y**

Поколение Y сейчас только вступает в фазу активной жизни. Они очень похожи на поколение G1. Основные события их становления - это распад СССР, частые теракты, новые эпидемии. И все это на фоне самого бурного развития новых информационных, коммуникационных, цифровых и биотехнологий. Y-ки наивны и склонны к работе в команде. Они великолепно ориентируются в компьютерных сетях, как следствие - им легче общаться с единомышленником, проживающим на другом краю планеты, чем с соседом по подъезду. Одно из прозвищ Y-ов - «поколение большого пальца», от привычки набирать эсэмэски одним большим пальцем руки. Разделение на реальное и виртуальное для них довольно условно, они прекрасно «живут» в условиях виртуальной реальности, в блогах и в искусственных компьютерных мирах.

Родители баловали их, всячески оберегали, отучали от той самой самостоятельности, которой сами располагали практически неограниченно, поэтому поколение получилось хорошо управляемым, но вместе с тем уверенным в своей ценности. Для них важно немедленное вознаграждение за проделанную работу, поскольку в отдаленную перспективу они не верят. При этом долг и мораль в их системе ценностей занимают гораздо больше места, чем у их предшественников. Они лучше других разбираются в моде. Мода - это их кредо, цель жизни - получение удовольствия в максимальном размере. Даже спортом они занимаются не для того, чтобы победить или развить тело, а для того, чтобы получить дополнительную порцию положительных эмоций.

У склонны оттягивать вхождение во взрослую жизнь, большинство из них хочет семью, но они хотят избежать ошибок родителей, многие из которых развелись и хотят, как и в работе, сделать правильный выбор с первого раза. У - первое поколение, у которых нет героев, но есть кумиры. Крайне важным для них является самовыражение. Наиболее экспрессивные представители У заслужили признание, организуя онлайн-сообщества, запуская интернет-мемы, собирая флеш-мобы. Другие, более стеснительные в социальном плане люди, нашли себя в анонимном онлайн-общении, позволяющем быть более раскрепощенным. В корпоративной культуре предпочитают условия работы подстраивать под свою жизнь, а не наоборот. И сейчас, и в будущем У будут часто менять место работы.

### **Поколение Z**

Только начавшее формирование своей системы ценностей поколение Z социологи называют «детьми-индиго». Предположить, каким оно будет, уже вполне можно. Их становление происходит в стране, постепенно выбирающейся из глубокого экономического кризиса, обретающей стабильность. Вертикаль власти крепнет, государственный аппарат обретает всё большую силу и мощь. Мелкие компании поглощаются крупными сетями, слабое погибает, сильное крепчает. А общество ждет новых крупных терактов, террористической войны, новых страшных эпидемий.

Сходство с условиями, в которых формировалось «молчаливое поколение», очевидно. А значит, можно смело предположить, что и по характеру, и по особенностям поведения Z-ы будут повторять своих прапрадедов, вырастут идеалистами. Так же, как старые «молчаливые» уходили из опасного и жестокого сталинского предвоенного мира в идеальный мир книг, новые «молчаливые» будут уходить в мир виртуальной реальности. В условиях постоянного ожидания террористических актов, роста информации о криминале, маньяках и несчастных случаях родители (У-ки) начинают гиперопекать своих детей. Те лишаются всяческой самостоятельности, им внушается священный страх перед чужими, перед неизвестным и незнакомым. Они становятся полноценными свободными личностями лишь в виртуале, доступ в который для них так прост и естественен, а для других поколений сложен и непонятен. Это поколение творцов, художников и музыкантов. Они будут прекрасно ориентироваться в моделированных ситуациях, не понимая методов командного взаимодействия, поскольку им сложно понять распределение ролей в данной команде. Поколение Z предпочитает подстраивать пространство под себя, а не подстраиваться под пространство. Большое влияние на формирование жизненных и духовных ценностей несет интернет. Острой проблемой у «цифровых» детей сегодня является многозадачность. Она усиливает стресс, появляется дефицит внимания, что делает учебу менее эффективной. Хроническая интенсивная многозадачность способна также затормозить планомерное развитие лобной коры той области мозга, которая отвечает за развитие целостного мышления. Они воспринимают новые знания поверхностно, преподаватели жалуются, что школьники из многозадачного поколения хуже учатся. Возможно, Z-ты устанут от свободы, которая была так дорога их предшественникам, и решат вернуться к более ранним ценностям, например, к стабильности.

**Теория поколений** интересна даже не тем, что она объясняет, откуда берется знаменитый конфликт отцов и детей. А тем, что на ее основе можно строить четкие прогнозы развития общества. Вплоть до серьезных бизнес-планов на ближайшие пару десятилетий: что, где и как следует развивать. Окружающая среда оказывает значительное влияние на развитие личности и эта среда постоянно меняется. Знание и умелое применение «теории поколений» имеют практико-ориентированное значение. Им успешно пользуются руководители в кадровой политике, маркетинговые службы сегодня рынок труда заполняют сотрудники нескольких поколений: бэби-бумеры, X и Y. Чтобы найти подход ко всем типам сотрудников работодатель должен знать о них как можно больше. Наше будущее принадлежит и нам, и нынешним детям. С этим утверждением невозможно не согласиться. И представители поколения Z, безусловно, будут строить его таким, в каком им будет удобно.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мурзоянов А. В. теория поколений в управлении персоналом. [Электронный ресурс] / А. В. Мурзоянов. -URL: <http://sibac.info/index.php/2009-07-01-10-21-16/5540-2012-12-20-07-50-58>
2. Новиков, С. КК-3.5. Теория поколений [Электронный ресурс] / С.Новиков. - URL: <http://www.svblog.ru/consult/КК-3/5/>
3. Поколение XYZ [Электронный ресурс] . - URL: <http://e-parta.ru/sotsium/item/1984-pokolenie-xyz.html>
4. Теория поколений: единство и борьба противоположностей. [Электронный ресурс] . -RL: [http://nn.rabota.ru/press\\_relizy/press\\_relizy/teorija\\_pokolenij\\_edinstvo\\_i\\_borba\\_protivopolozhnostej.html](http://nn.rabota.ru/press_relizy/press_relizy/teorija_pokolenij_edinstvo_i_borba_protivopolozhnostej.html)
5. Шавлохова, Л. Хочется верить, что наши дети спасут мир. Теория поколений в России (Rugenerations). [Электронный ресурс] / Л.Шавлохова. - URL: <http://rugenerations.su/-31.01.2014>.



#### ОБ АВТОРЕ

**Алиева Елена Викторовна**, студентка 2 курса специальности «Применение и эксплуатация автоматизированных систем специального назначения» каф. АСУ УГАТУ.

e-mail: elenka-1994@mail.ru

УДК 929

### ПСИХОЛОГИЯ ВЛИЯНИЯ

**Васильев С. С.**

Что толкнуло меня на написание статьи по тематике «Психология влияния»? Это конечно прежде всего интерес, как и почему многие становятся излюбленной мишенью для уличных торговцев, сборщиков средств из различных фондов и дельцов того или иного сорта.

Какие такие факторы заставляют одного человека сказать «да» другому? И использование каких методик позволяет добиться подобной податливости? Меня заинтересовало, почему требование, высказанное определенным образом, часто

игнорируется, в то время как аналогичная просьба, сформулированная несколько иначе, позволяет достичь успеха. Я предполагаю, что быстрый темп развития общества и информационная насыщенность 21 века будут способствовать всё большему распространению «безраздумной податливости» в будущем. Следовательно, чтобы с этим бороться, необходимо знать об этом как можно больше.

Маркетинг и рекламные корпорации вот те, кто освоил данное направление на самом высоком уровне, остальным приходится лишь заимствовать некие методики.

Каждый из нас хоть раз попадался на какие-то «акции» и «выгодные предложения» корпораций и обычных частных магазинов, которые не уменьшали цену, а увеличивали старую цену, перечёркивали красным маркером и записывали обратно старую цену. Вот вам самое «выгодное предложение», один из маркетинговых ходов. Этот пример один из многих той самой психологии влияния, про которую пойдёт речь.

### **Правило взаимного обмена.**

Если вы посмотрите на мир вокруг себя, то увидите, что уже многие люди в какой-то мере постигли ту самую психологию влияния, даже официанты частично применяют эту методику для получения больших чаевых. Некоторые официанты специально, чтобы войти в доверие к гостю могут сказать: ” Знаете, рыба у нас сегодня не самая свежая, давайте я вам лучше принесу мясо по-французски». Официант входит в доверие к гостям, советуя им не заказывать некое блюдо, тем самым повышают вероятность больших чаевых.

Многие сектантские организации пользовались и пользуются слабостями в психологии людей. Как часто вы замечали на центральных площадях или в местах с избытком народу людей, которые раздают бесплатные книги? Если вы хоть раз не прошли мимо и заинтересовались, то, скорее всего, вы бы взяли книгу, а почему нет бесплатно же. Вот и моего знакомого заинтересовала бесплатная литература с интересным содержанием. После того, как Максим взял книгу у незнакомца, то последовала фраза: «Извините, но не могли бы Вы нам помочь средствами на строительство нового храма». В психологии человека так заложено, что после того, как человек получает что-то хорошее, то он должен отплатить тем же. И ничего не оставалось Максиму, как вытащить из бумажника 100 рублей. Но на этом и складываются миллионы. Такой же пример приводил в своих книгах Роберт Кийосаки. Сектанты, а именно ими они и являются, в США в 1970-х годах благодаря такому применению знаний о психологии влияния являлись собственниками храмов и жилплощади, чуть уступая по квадратным метрам McDonald's, которая была лидером в этой области.

Другой ареной, где широко применяется правило взаимного обмена, является политика. Это правило используется на всех её уровнях. На самом вершине пирамиды власти избранные должностные лица вовлечены в обмен взаимными услугами, одолжениями и голосами, что поистине превращает политику в некую странную своеобразную кухню.

### **Нейтрализация правила взаимного обмена**

Как можно нейтрализовать воздействие правила взаимного обмена? Это правило слишком широко распространено, чтобы от него можно было как-то уклониться, и слишком действенно, чтобы можно было легко преодолеть его влияние. Возможно, в таком случае главное— это постараться воспрепятствовать его активизации. Мы можем избежать конфронтации с данным правилом, прежде всего, лишив требующего возможности использовать его против нас. Возможно, отказавшись от первоначальной услуги или уступки требующего, мы сможем избежать трудностей. Но, вполне возможно, это нам не удастся. Твёрдое отклонение первоначального предложения работает лучше в теории, чем на практике. Основной проблемой является то, что, когда предложение делается впервые, трудно определить, является оно честным или представляет собой попытку использовать нас в своих интересах. Если бы мы всегда предполагали худшее, то не могли бы получать пользу от услуг или уступок, предлагаемых индивидами, которые не имеют намерения эксплуатировать правило взаимного обмена. Один мой знакомый с

негодованием вспоминает, как жестоко были уязвлены чувства его десятилетней дочери человеком, который грубо отказался от ее бескорыстного подарка, чтобы уклониться от челюстей правила взаимного обмена. Во время школьного праздника девочка должна была вручить цветок каждому гостю. Но первый же человек, к которому она приблизилась с цветком, зарычал на нее: «Держи это при себе». Не зная, что делать, девочка протянула ему цветок снова и услышала сердитый вопрос: «Что я должен дать взамен?» Когда школьница нерешительно ответила: «Ничего. Это подарок», — человек недоверчиво посмотрел на нее, сказал, что знает «эту игру», и быстро отошел в сторону. Этот опыт причинил девочке такую боль, что она больше ни к кому не могла подойти. Пришлось освободить ее от этого задания — задания, которое она с удовольствием собиралась выполнить. Трудно сказать, кого в этой ситуации следует обвинять больше: бесчувственного человека или эксплуататоров, которые использовали «вошедшее в кровь» стремление отвечать услугой на услугу до тех пор, пока человек не стал реагировать механическим отказом. Независимо от того, кого вы сочтете в большей степени заслуживающим осуждения, вывод напрашивается один. Мы всегда будем встречаться с действительно благородными людьми, так же как и с людьми, которые предпочитают скорее честно играть на правиле взаимного обмена, нежели эксплуатировать его. Они, несомненно, будут оскорблены последовательным отказом принять их помощь или какие-либо услуги, что в результате может привести к социальным разногласиям и изоляции. Следовательно, политика категорического отказа является неблагоприятной.

Другое решение более приемлемо. Следует принимать интересные предложения других, но рассматривать эти предложения надо объективно. Если кто-то хочет оказать вам любезность, целесообразно будет ее принять, признавая при этом, что вы обязываетесь оказать ответную любезность когда-нибудь в будущем. Заключать подобного рода соглашение с другим человеком не значит подвергаться эксплуатации с его стороны через посредство правила взаимного обмена. Как раз напротив — таким образом вы включаетесь в «почетную сеть обязательств», которая так хорошо служит нам как на уровне индивидуальных, так и на уровне общественных отношений с самой зарю человечества. Однако, если начальная услуга оказывается уловкой, трюком, хитростью, предназначенной специально для того, чтобы добиться от вас более серьезной ответной услуги, то это совсем другое дело. В этом случае ваш партнер является не благодетелем, а спекулянтом. И вам следует ответить на его действия в его же духе. Коль скоро вы убедились, что предложение сделано с явно корыстной целью, вам следует соответствующим образом на него отреагировать, чтобы стать свободным от влияния правила взаимного обмена. Если вы воспринимаете и определяете действие требующего как уловку, а не как услугу, правило взаимного обмена больше не является его союзником: правило гласит, что следует отвечать услугой на услугу; оно не требует, чтобы на трюки отвечали услугами.

### **Орудия влияния.**

У. Фокс провёл и описал эксперимент, в котором принимали участие мать-индюшка и чучело хорька. Для птенцов индюшки характерно издавать звуки «чип-чип», если же детёныш этого не сделает, то мать его может даже убить. Для индюшки-наседки хорек является естественным врагом, чье приближение вызывает ярость, которая выражается в громких порой даже истошных криках и атаках с применением клюва и когтей. Учёные выяснили, что даже макет хорька, придвинутый с помощью палки к индюшке-наседке, провоцирует ее на немедленную и неистовую атаку. Однако, если к этому же макету присоединить маленький магнитофон, который издаёт звук «чип-чип», индюшка-наседка не только примет приближающегося хорька, но и заберёт его под себя, но когда механизм выключится, чучело хорька снова вызовет злобную атаку. Поведение индюшки кажется запрограммированным на определённую фразу и благодаря тому, что кто-то произносит эту фразу она читает того своим детёнышем. Самое интересное, что

сознание людей тоже реагирует на определённые фразы, но в связи с тем, что человеческий род является самым разумным на Земле, подходы к обману или внушению чего-то человеку может иметь большой «разброс».

По данной тематике провела эксперимент и гарвардский социальный психолог Эллен Лангер. Согласно одному широко известному принципу человеческого поведения, когда мы хотим попросить кого-нибудь сделать нам одолжение, то мы добиваемся большего предрасположения человека и называем причину, почему человек должен вам помочь или помочь, или что-то купить у вас. Людям нравится иметь причины для того, что они делают. Лангер продемонстрировала верность этого утверждения. Она попросила о небольшой услуге у людей, стоящих в очереди, чтобы воспользоваться библиотечной копировальной машиной:

— Простите, у меня пять страниц. Могу я воспользоваться ксероксом, потому что я спешу?

Эффективность, таким образом сформулированного требования, была чрезвычайно очень высокой: 94 % тех, кого просила Эллен Лангер, позволили ей пройти без очереди. В другом случае она сформулировала свою просьбу в другой форме:

— Простите, у меня пять страниц. Могу я воспользоваться ксероксом без очереди?

В этой ситуации только 60 % тех, кого она просила, согласились. На первый взгляд кажется, что главным отличием между этими формулировками была дополнительная информация, представленная словами «потому что я спешу». Но третий эксперимент показал, что это не совсем так. Похоже, что значение имело не все уточнение, а только первое «потому что». В третьем случае Лангер использовала связку «потому что», а затем, ничего не добавляя нового, просто вновь утверждала вышесказанное:

— Простите, у меня пять страниц. Могу я воспользоваться ксероксом, потому что мне надо сделать несколько копий?

Результатом было то, что вновь почти все (93 %) согласились, хотя никаких реальных объяснений, никакой новой информации не было добавлено. Народ, стоявший в очереди, среагировал на фразу «потому что». Психология поведения людей напоминала поведение индюшки-наседки, которая так же вела себя по-другому, услышав определённый звук.

Известные социальные психологи Мортон Дойч и Гарольд в 1955 году провели интересное исследование. Целью этого исследования было изучение связи между публично данными обязательствами и последовательностью действий. Студентов колледжа просили оценить длину линий, которые им показывали. Одни студенты должны были публично высказать свои предположения, записать их, указать свои имена и передать эти отчеты экспериментатору. Студенты из второй группы также давали оценку, но они делали это про себя. Каждый записывал свою оценку в «волшебный» блокнот и затем стирал запись путем поднятия пластиковой обложки блокнота прежде, чем кто-либо мог увидеть написанное. В третьей группе студенты просто запоминали свои оценки. Таким образом, Дойч и Джерард организовали дело так, что одни студенты приняли на себя обязательства в отношении своих первоначальных решений публично, другие — частным образом, третьи же вовсе не взяли никаких обязательств. Дойч и Джерард хотели выяснить, студенты какой из трех групп будут крепче держаться за свои первоначальные суждения после того, как станет известно, что эти суждения были неверными. Всем студентам объявили, что их оценки были неправильными, после чего студентам был дан шанс изменить свои мнения.

Обязательство и последовательность. Были получены следующие результаты. Студенты, которые не записывали свои первоначальные варианты, оказались наименее верны себе. Новая информация побудила их изменить свои решения. По сравнению с этими не имевшими обязательств студентами, те, кто записал свои решения на мгновение в «волшебный» блокнот, были в меньшей степени готовы изменить свое мнение, когда получили такой шанс. Хотя студенты из второй группы принимали на себя обязательства

без свидетелей, акт записи суждений заставлял их сопротивляться влиянию новой информации и оставаться верными себе. Студенты, которые публично заявили о своих позициях и затем записали свои оценки, наиболее решительно отказывались изменить мнение.

#### **Стереотип «дорогое=хорошее».**

Существует в народе такой стереотип, как «дорогое=хорошее».

Многие люди, выбирая, например подарок любимым, не хотят дарить дешевые некачественные подарки, но если поставить на тот же самый товар ценник с удвоенной суммой, тогда потребность продукта, возможно, возрастёт, так как покупатель подумает, что этот товар намного качественнее.

#### **Принцип контрастного восприятия.**

Ещё один инструмент влияния, особенно часто он применяется в маркетинге, называется принцип контрастного восприятия.

Один из множества примеров контрастного восприятия.

Риэлтерская компания включает один-два запущенных дома в свои списки, причем явно завышая их цену. Эти дома не предназначены для продажи покупателям, а они для того, чтобы только показывать их, так, чтобы недвижимость из каталога компании выигрывала от сравнения. Не все компании пользуются такими рода методами, но вот те, кто пользуются ими, говорят, что им нравится наблюдать, как «загораются глаза» людей, когда они показывают недвижимость, которую действительно хотят продать им, после того как они увидели запущенные дома, напоминающие груды хлама.

Пример контрастного восприятия описывает Роберт Чалдини в книге «Психология влияния». Авиакомпания обещает выдать пассажирам по 10 тысяч долларов компенсации за то, что их рейс отменён, с условием сдачи старых и покупки новых билетов. Разумеется, эта невероятная сумма была шуткой. Что же, люди посмеялись. Однако, когда была объявлена настоящая сумма компенсации (200 долларов), желающих заказать билеты не нашлось. Администрации аэропорта пришлось поднимать цену дважды, сначала до 300, а потом до 500 долларов, пока не нашлось несколько желающих. Шутники нарушили принцип контрастного восприятия. Из-за этого авиакомпания лишилась по 300 долларов на каждого пассажира.

Ещё один пример «игры на контрасте» описывается в психофизических лабораториях. Каждый студент по очереди садится перед тремя ведрами с водой — одно холодное, другое с водой комнатной температуры и третье горячее. После того как студент опустил одну руку в холодную воду, а другую — в горячую, ему предлагают одновременно поместить обе руки в тепловатую воду. Взгляд, выражающий изумленное замешательство, говорит сам за себя: хотя обе руки находятся в одном и том же ведре, рука, которая была до этого в холодной воде, ощущается так, точно она теперь в горячей воде, в то время как та рука, что была в горячей воде, ощущается как находящаяся теперь в холодной воде. Дело в том, что одна и та же вещь — в данном случае вода комнатной температуры — может казаться разной в зависимости от предшествующей ситуации.

#### **Принцип симпатии**

Люди предпочитают соглашаться с теми индивидами, которые им знакомы и симпатичны. Зная об этом правиле, «профессионалы уступчивости» обычно стараются выглядеть как можно более привлекательными. Одной из характеристик человека, влияющих на отношение к нему окружающих, является его физическая привлекательность. Хотя об этом известно с давних времен, результаты проведенных исследований наводят на мысль о том, что роль физической привлекательности в установлении социальных контактов гораздо значительнее, чем предполагалось.

#### **Заключение**

Современная жизнь имеет множество особенностей. Поразительные технологические достижения привели к настоящему информационному взрыву, у

человека стало гораздо больше вариантов выбора практически во всех областях деятельности, объем знаний значительно увеличился. Мы должны как-то приспособиваться к этой лавине перемен и альтернатив. В таких условиях особое значение приобретает умение быстро принимать правильные решения. Хотя все мы отдаем предпочтение хорошо обдуманым решениям, разнообразие форм и быстрый темп современной жизни часто не позволяют нам тщательно анализировать все относящиеся к делу «за» и «против». Все чаще мы вынуждены использовать другой подход к процессу принятия решений — подход, в основе которого лежат стереотипные способы поведения, вследствие чего решение уступить (или согласиться, или поверить, или купить) принимается на основании отдельного, обычно заслуживающего доверия, элемента информации. В этой статье описаны наиболее надежные и, следовательно, наиболее популярные — выделенные в чистом виде — «спусковые механизмы» уступчивости. Вследствие повышения уровня умственных нагрузок, вероятно, в дальнейшем люди все чаще будут принимать решения автоматически, не задумываясь. «Профессионалы уступчивости», которые при выдвижении своих требований используют те или иные орудия влияния, скорее всего, будут все чаще добиваться успеха. Современные орудия влияния отнюдь не всегда применяются с целью эксплуатации. Они становятся опасными только тогда, когда их искусственно фабрикуют «профессионалы уступчивости». Для того чтобы сохранить преимущества стереотипных реакций, необходимо бороться с подобными подделками всеми возможными способами.

Существует множество способов и средств влияния на людей, выше была представлена лишь малая часть. Чтобы хоть как-то защищаться от маркетинговых хитростей компаний и от людей, применяющих орудия влияния, необходимо знать и уметь противостоять основным их способам и орудиям.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чалдини Р.Б. Психология влияния [Текст]/Р.Б. Чалдини,2001. [27-34 с.]
2. Кийосаки Р.Т. Богатый папа, бедный папа [Текст]/ Р.Т. Кийосаки,2009. –[57с.]
3. Манипуляции управления людьми [Электронный ресурс]. - URL: <http://xn---7sbabkauaucayksiop0b0af4c.xn--p1ai/psychologiya/manipulyacii-ili-upravlenie-lyudmi/>
4. Личностное влияние и противостояние к чужому влиянию [Электронный ресурс]. - URL: [http://www.telenir.net/psihologija/uchebnik\\_gipnoza\\_kak\\_umet\\_vnushat\\_i\\_protivostojat\\_vnusheniyu/p14.php](http://www.telenir.net/psihologija/uchebnik_gipnoza_kak_umet_vnushat_i_protivostojat_vnusheniyu/p14.php)



#### ОБ АВТОРЕ

**Васильев Сергей Станиславович**, студент 2 курса специальности «Применение и эксплуатация автоматизированных систем специального назначения» каф. АСУ УГАТУ.

e-mail: [www.skydream.ru@mail.ru](mailto:www.skydream.ru@mail.ru)

УДК 339.31

## ПОСТРОЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОГО РЕЙТИНГА РОССИЙСКИХ РЕГИОНОВ ДЛЯ УСЛУГ СОТОВОЙ СВЯЗИ

Дубровина Е. С., Кравченко М. С., Чувилина М. Ю.

### Актуальность проблемы

Россия в наши дни по сценарию технологического развития повторяет глобальные международные тренды: высокими темпами развиваются высокоскоростные технологии связи и доступа к интернету; растет предложение и потребление современных информационных и цифровых услуг; увеличивается спрос на качественный разнообразный информационный, образовательный и развлекательный контент. Количество абонентов различных видов связи, пользователей Интернета неуклонно увеличивается, уровень проникновения сотовой связи давно сравнялся с другими странами, операторы предоставляют своим абонентам самые современные услуги. Российские телекоммуникационные компании демонстрируют стабильные темпы роста финансовых показателей и повышение рентабельности на фоне роста доходов от передачи данных по мере активного развертывания сетей 3G/4G.

По мнению аналитиков Gartner, мировые расходы на телекоммуникационные услуги в 2012 г. выросли на 1% по сравнению с прошлым годом и составили 1,72 трлн долл. Результаты исследования J'son & Partners Consulting [1] показали, что российский рынок телекоммуникационных услуг растет большими темпами, чем мировой.

По предварительным данным, в 2013 г. российский телекоммуникационный рынок достиг размера 1 635 млрд руб. [5]. Темпы роста рынка составили 6%, снизившись по сравнению с 2012 г. на 1 п.п. Тенденция к снижению динамики продолжится в следующие годы – среднегодовой рост в 2014-2018 гг. составит 4%.

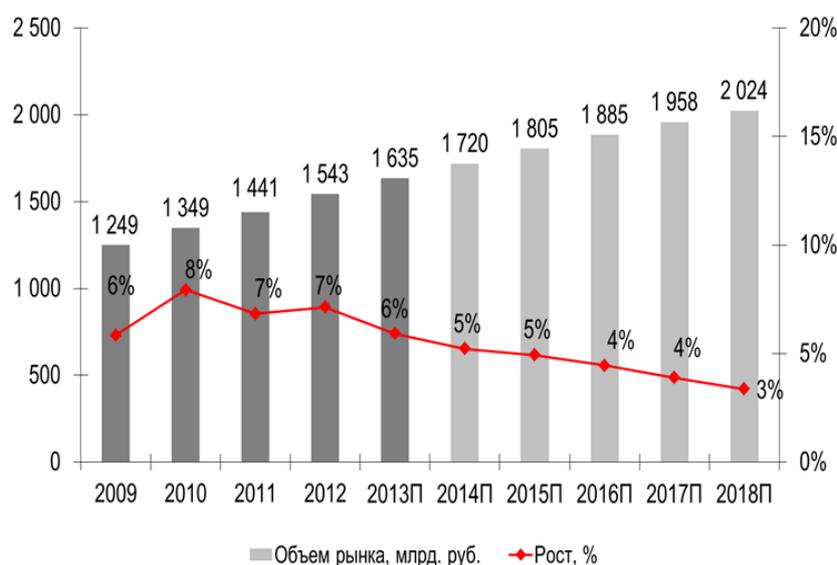


Рис. 1. Динамика телекоммуникационного рынка России в 2009-2018 гг. [5]

Низкие темпы роста рынка объясняются исчерпанием источников экстенсивного роста во всех крупнейших сегментах, традиционно являвшихся драйверами рынка:

- проникновение сотовой связи в России превысило 166% при расчете по SIM-картам и 110% при расчете по активным абонентам;
- количество абонентов широкополосного доступа превысило 27 млн., проникновение достигло 49%, при этом в крупных городах оно достигает 60-80%;

– рынок платного ТВ при проникновении 55% стремительно замедляет динамику своего развития. В 2012 г. прирост абонентов составил 17%, в 2013 г. – лишь 9%, а в 2014 г. ожидается дальнейшее замедление динамики до 6%.

Сегмент частных пользователей сохранит опережающую по отношению к корпоративному рынку динамику.

По мнению аналитиков iKS-Consulting ожидается, что доходы от частного сегмента будут расти несколько быстрее, чем от предприятий и организаций. За счет опережающей динамики сегмент частных пользователей укрепит свое доминирующее положение – в 2013 г. на него приходится 70% доходов телекоммуникационной отрасли, а к 2018 г. его удельный вес составит 74%. Лидирующая роль частного сектора обеспечена преобладанием физлиц в крупнейших сегментах рынка, в первую очередь в сегменте сотовой связи, где на частных клиентов приходится 88% доходов. Общая структура телекоммуникационного рынка России по сегментам представлена на рис. 2.



**Рис. 2.** Структура телекоммуникационного рынка России по сегментам, 2013 г. [5]

По мнению аналитиков, возможностей экстенсивного развития рынка сотовой связи за счет увеличения абонентской базы практически не осталось. Поддержание темпов развития для компаний сотовой связи предполагает необходимость органично использовать новейшие технологии, новые возможности получения дохода, т.е. по большому счету превращаться из операторов связи в сервис-агрегаторов – компании, не только зарабатывающие на передаче информации, но и создающие и агрегирующие эту информацию (контент) [2]. Также в текущих условиях остаются возможности для привлечения новых частных абонентов к услугам интернет-доступа и платного ТВ, а также увеличения доходности за счет пакетирования сервисов [2]. В корпоративном секторе основные перспективы связаны с предоставлением ИТ-услуг, формально не входящих в сферу телекоммуникационного рынка.

Наряду с этим компаниям связи необходимо принимать правильные стратегические решения в области развития тех или иных видов услуг в географическом разрезе. Для этого важно правильно оценивать потенциал регионов.

Целью данной работы является построение рейтинга регионов России для оценки инвестиционной привлекательности продвижения услуг компаний связи.

Рейтинг строится по двум ключевым параметрам:

- потенциала инвестиционной привлекательности;
- индекс инвестиционного риска рейтингового агентства «Эксперт РА» [4].

Потенциал измеряется интегральным показателем инвестиционной привлекательности региона для отрасли связи (*ИПРОС*) формируемым из трех показателей:

- интегрального показателя развития услуг связи (*ИПРУС*);
- интегрального показателя развития региона (*ИПРР*);

– индекса инвестиционного потенциала рейтингового агентства «Эксперт РА» (*ИИП*) [4].

Интегральный показатель развития региона (*ИПРР*) предлагается строить по следующим имеющимся в открытом доступе за последние 4 года как абсолютным удельным показателям, так и по показателям динамики:

– средний объем инвестиций в основной капитал региона на душу населения (*ИОК*) [3];

– средний темп роста инвестиций в основной капитал региона на душу населения (*T\_ИОК*);

– средний объем ВРП на душу населения (*ВРП*) [3];

– средний темп роста ВРП на душу населения (*T\_ВРП*);

– среднедушевой доход населения региона (*СДН*) [3].

Для оценки интегрального показателя развития услуг связи (*ИПРУС*) используются следующие данные:

– средний объем услуг связи, оказанных населению, на одного жителя региона (*ОУС*) [3];

– средний темп роста объема услуг связи, оказанных населению, на одного жителя региона (*T\_ОУС*);

– Показатель развития ИКТ (*ПРИКТ*);

– Число подключенных абонентских устройств (*ЧПА*);

– Доля городского населения (*ДГН*).

Выбор показателей оценки ограничивался возможностями доступной статистической базы, требованиями комплексности и максимально возможной информативности. Кроме того, для обеспечения более высокого качества получаемого результата при отборе показатели были проверены на мультиколлинеарность (табл. 1). Анализ показал, что мультиколлинеарность показателей отсутствует, в интегральные показатели могут быть включены все рассматриваемые показатели.

**Таблица 1**

**Корреляционная матрица**

ИОК	1									
T_ИОК	-0,219	1								
ВРП	0,501	-0,045	1							
T_ВРП	-0,027	0,038	-0,098	1						
СДН	0,763	-0,220	0,731	-0,057	1					
T_ОУС	-0,106	0,111	-0,112	0,183	-0,151	1				
ОУС	0,148	-0,028	0,693	-0,065	0,619	-0,192	1			
ПРИКТ	0,063	-0,193	0,426	-0,224	0,506	-0,262	0,750	1		
ЧПА	-0,179	-0,049	-0,191	0,347	-0,184	0,118	-0,025	-0,168	1	
ДГН	0,171	-0,057	0,469	-0,328	0,490	-0,219	0,564	0,447	-0,442	1

Выбранные показатели неоднородны, так как описывают разные признаки регионов. Кроме того, различаются их единицы измерения, что затрудняет их сопоставление. Для сопоставления показателей используем расчет показателей *ИПРР* и *ИПРУС* по формуле многомерной взвешенной средней:

$$IV_i = \sum_{j=1}^n \frac{V_{ij} \cdot \alpha_j}{V_j^{PФ}} \quad (1)$$

где  $IV_i$  – интегральный показатель  $i$ -го субъекта РФ;

$i$  – количество субъектов РФ,  $i=83$ ;

$V_{ij}$  – значение  $j$ -го показателя для  $i$ -го региона (субъекта РФ);

$V_j^{РФ}$  – значение  $j$ -го показателя в среднем по России;

$\alpha_j$  – весовой коэффициент  $j$ -го показателя,  $\sum_{j=1}^n \alpha = 1$ ;

$n$  – количество рассматриваемых показателей.

В свою очередь, *ИПРОС* определяется как взвешенная средняя величина:

$$ИПРОС_k = ИИП_k \cdot \beta_{ИИП} + ИППР_k \cdot \beta_{ИППР} + ИПРУС_k \cdot \beta_{ИПРУС}. \quad (2)$$

Весовые коэффициенты  $\alpha_j$ ,  $\beta_k$  рассчитываются на основе преобразования шкалы значимости в шкалу коэффициентов весомости. Показатели упорядочиваются в порядке значимости, далее по алгоритму (табл. 2) присваиваются веса.

Таблица 2

### Определение весовых коэффициентов показателей

Критерий ( $\gamma_{ij}=R_i/R_j$ )	Значимость критерия $R_i$	Значимость критерия $R_j$					Среднее геометрическое $\Gamma_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \gamma_{ij}}$	Вес критерия $\alpha_i = \Gamma_i/\Gamma_\Sigma$
		ИОК	Т_ИОК	СДН	ВРП	Т_ВРП		
		1	2	3	4	5		
Т_ВРП	5	5,00	2,50	1,67	1,25	1,00	1,919	0,333
ВРП	4	4,00	2,00	1,33	1,00	0,80	1,535	0,267
СДН	3	3,00	1,50	1,00	0,75	0,60	1,152	0,200
Т_ИОК	2	2,00	1,00	0,67	0,50	0,40	0,768	0,133
ИОК	1	1,00	0,50	0,33	0,25	0,20	0,384	0,067
Сумма		—	—	—	—	—	$\Gamma_\Sigma = 5,758$	1,00

Аналогично рассчитываются веса для показателей ИПРУС и ИПРОС. В табл. 3 приведены рассчитанные весовые коэффициенты составляющих интегральных показателей, отражена структура интегрального показателя инвестиционной привлекательности региона для отрасли связи (*ИПРОС*).

Таблица 3

### Весовые коэффициенты показателей

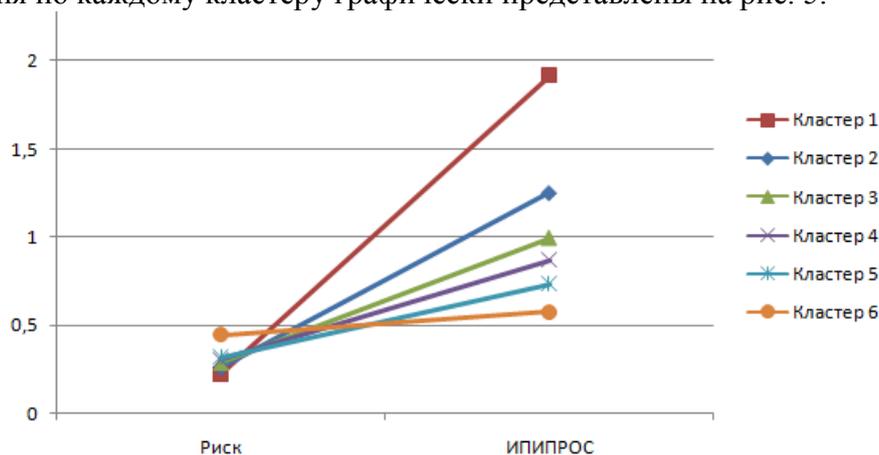
1 уровень	2 уровень		3 уровень	
	Показатель $k$	$\beta_k$	Показатель $j$	$\alpha_j$
<i>ИПРОС</i>	<i>ИИП</i>	35%	<i>ИОК</i>	10%
	<i>ИППР</i>	20%	<i>Т_ИОК</i>	15%
			<i>ВРП</i>	25%
			<i>Т_ВРП</i>	30%
			<i>СДН</i>	20%
			<i>ОУС</i>	18%
	<i>ИПРУС</i>	45%	<i>Т_ОУС</i>	31%
			<i>ПРИКТ</i>	18%
			<i>ЧПА</i>	18%
			<i>ДГН</i>	8%

Далее по представленному алгоритму для каждого региона рассчитывается потенциал, измеряемый показателем *ИПРОС*. Рассчитанные значения представлены в табл. 4.

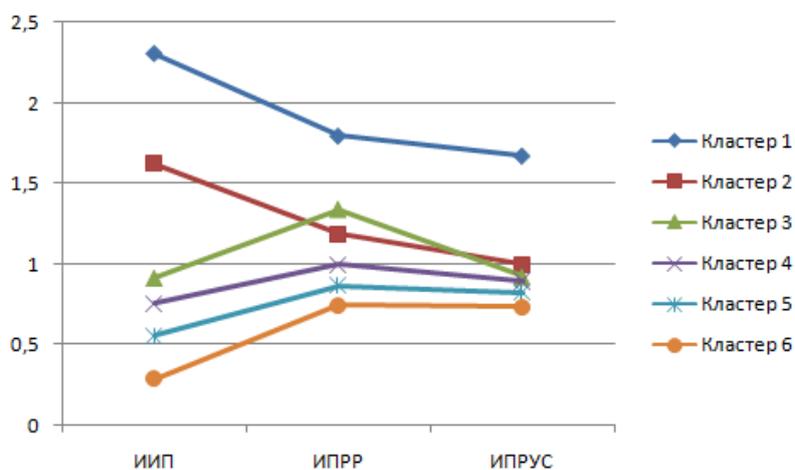
При построении рейтинга для разделения уровня потенциала регионов РФ

используется метод кластеризации. Кластерный анализ выполнялся иерархическими агломеративными методами: полной связи, невзвешенного попарного среднего, взвешенного попарного среднего, k-means, Варда. Наиболее интерпретируемыми получились результаты кластеризации методом k-means.

В результате кластеризации регионов РФ по потенциалу инвестиционной привлекательности рынка для компаний выделены пять кластеров. Названия полученных кластеров были им присвоены в соответствии со средними значениями интегральных показателей инвестиционной привлекательности регионов для отрасли связи (*ИПРОС*). Состав кластеров представлен в табл. 4. Средние значения потенциалов инвестиционной привлекательности регионов (*ИПРОС*) и индексов инвестиционного риска (*ИР*) по каждому кластеру графически представлены на рис. 4. Средние значения показателей второго уровня по каждому кластеру графически представлены на рис. 5.



**Рис. 4.** Средние значения показателей первого уровня по кластерам



**Рис. 5.** Средние значения показателей второго уровня по кластерам

Как наглядно отражают рис. 4,5 кластеры существенно отличаются по всем рассматриваемым показателям.

Далее отобразим на диаграмме (рис. 6) рейтинг инвестиционной привлекательности регионов РФ для услуг связи в координатах риск и потенциал, уровни потенциала выделены в соответствии с кластеризацией, уровни риска в соответствии с [4].

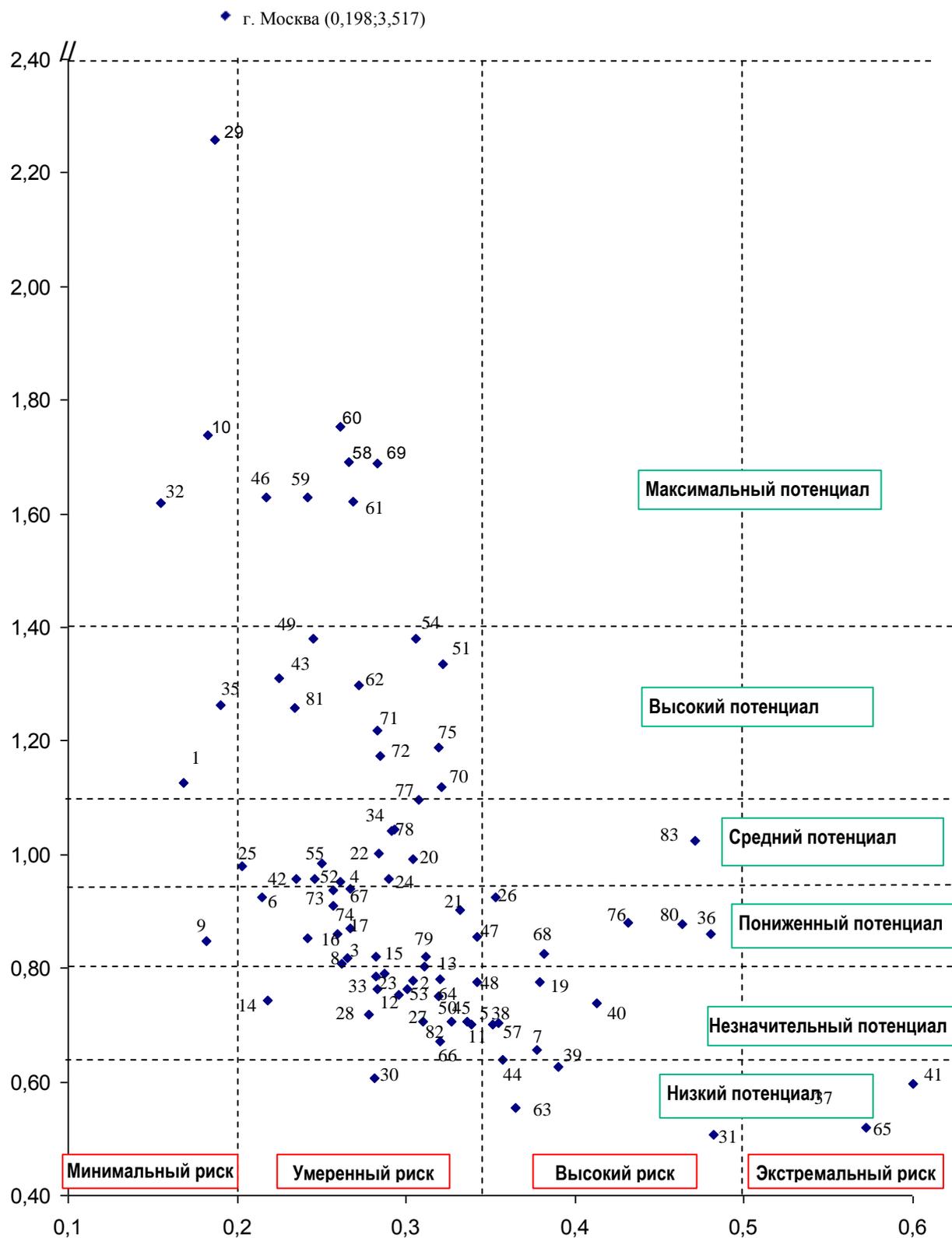
Таблица 4

## Состав кластеров по уровню привлекательности регионов для отрасли связи

	№	Регион РФ	ИПРОС	ИР	Р*
1. Максимальный потенциал	32	Краснодарский край	1,618	0,155	1А
	61	Ямало-Ненецкий АО	1,621	0,269	1В
	46	Республика Татарстан	1,629	0,217	1В
	59	Тюменская область	1,629	0,242	1В
	69	Красноярский край	1,688	0,283	1В
	58	Свердловская область	1,691	0,266	1В
	10	Московская область	1,738	0,183	1А
	60	Ханты-Мансийский АО	1,753	0,261	1В
	29	г.Санкт-Петербург	2,257	0,187	1А
	18	г.Москва	3,571	0,198	1А
2. Высокий потенциал	70	Иркутская область	1,118	0,321	2В
	1	Белгородская область	1,126	0,168	2В
	72	Новосибирская область	1,174	0,285	2В
	75	Республика Саха (Якутия)	1,189	0,319	2В
	71	Кемеровская область	1,219	0,283	2В
	81	Сахалинская область	1,258	0,234	2В
	35	Ростовская область	1,262	0,190	2В
	62	Челябинская область	1,299	0,272	2В
	43	Р-ка Башкортостан	1,311	0,225	2В
	51	Нижегородская область	1,336	0,322	2В
	49	Пермский край	1,380	0,306	2В
	54	Самарская область	1,380	0,245	2В
3. Средний потенциал	4	Воронежская область	0,951	0,261	3В
	42	Ставропольский край	0,956	0,235	3В
	52	Оренбургская область	0,956	0,246	3В
	24	Калининградская область	0,957	0,290	3В
	25	Ленинградская область	0,980	0,203	3В
	55	Саратовская область	0,985	0,250	3В
	20	Республика Коми	0,991	0,304	3В
	22	Ненецкий авт.округ	1,002	0,284	3В
	83	Чукотский АО	1,025	0,471	4С
	34	Волгоградская область	1,042	0,291	3В
	78	Хабаровский край	1,045	0,293	3В
	77	Приморский край	1,096	0,307	3В
4. Пониженный потенциал	13	Смоленская область	0,802	0,311	4В
	56	Ульяновская область	0,809	0,262	4В
	8	Курская область	0,819	0,265	4В
	15	Тверская область	0,821	0,282	4В
	79	Амурская область	0,821	0,312	4В
	68	Забайкальский край	0,826	0,382	4С
	9	Липецкая область	0,849	0,182	4В
	3	Владимирская область	0,852	0,242	4В
47	Удмуртская Республика	0,856	0,342	4С	

	№	Регион РФ	ИПРОС	ИР	Р
	16	Тувльская область	0,861	0,259	4В
	36	Республика Дагестан	0,861	0,480	4С
	17	Ярославская область	0,871	0,267	4В
	80	Магаданская область	0,877	0,463	4С
	76	Камчатский край	0,881	0,431	4С
	21	Архангельская область	0,903	0,332	4В
	74	Томская область	0,909	0,257	4В
	26	Мурманская область	0,925	0,353	4С
	6	Калужская область	0,926	0,215	4В
	73	Омская область	0,937	0,257	4В
	67	Алтайский край	0,941	0,267	4В
<b>5. Незначительный потенциал</b>	7	Костромская область	0,655	0,377	5С
	82	Еврейская А. обл	0,670	0,320	5В
	38	Кабардино-Балкарская Р-ка	0,700	0,351	5С
	5	Ивановская область	0,702	0,339	5В
	57	Курганская область	0,704	0,355	5С
	11	Орловская область	0,705	0,336	5В
	45	Республика Мордовия	0,706	0,327	5В
	66	Республика Хакасия	0,707	0,310	5В
	27	Новгородская область	0,719	0,278	5В
	40	Р-ка Сев. Осетия- Алания	0,738	0,413	5С
	14	Тамбовская область	0,743	0,218	5В
	50	Кировская область	0,750	0,319	5В
	28	Псковская область	0,754	0,296	5В
	12	Рязанская область	0,763	0,283	5В
	53	Пензенская область	0,764	0,301	5В
	19	Республика Карелия	0,775	0,379	5С
	48	Чувашская Республика	0,775	0,342	5В
	2	Брянская область	0,779	0,304	5В
	64	Республика Бурятия	0,781	0,320	5В
33	Астраханская область	0,786	0,282	5В	
23	Вологодская область	0,791	0,287	5В	
<b>6. Низкий потенциал</b>	31	Республика Калмыкия	0,507	0,482	6С
	65	Республика Тыва	0,520	0,572	6D
	63	Республика Алтай	0,554	0,365	6С
	37	Республика Ингушетия	0,568	0,538	6D
	41	Чеченская Республика	0,597	0,600	6D
	30	Республика Адыгея	0,607	0,281	6С
	39	Карачаево-Черкесская Р-ка	0,627	0,390	6С
	44	Республика Марий Эл	0,639	0,357	6С

\* **Р** – здесь инвестиционного рейтинг  
привлекательности регионов  
РФ для услуг связи



**Рис. 6.** Рейтинг инвестиционной привлекательности регионов РФ для услуг связи

Визуализация данных построенного рейтинга также выполнена с помощью программного продукта MapInfo (рис. 7).

Итоговая характеристика регионов РФ в соответствии с построенным рейтингом представлена в табл. 5.

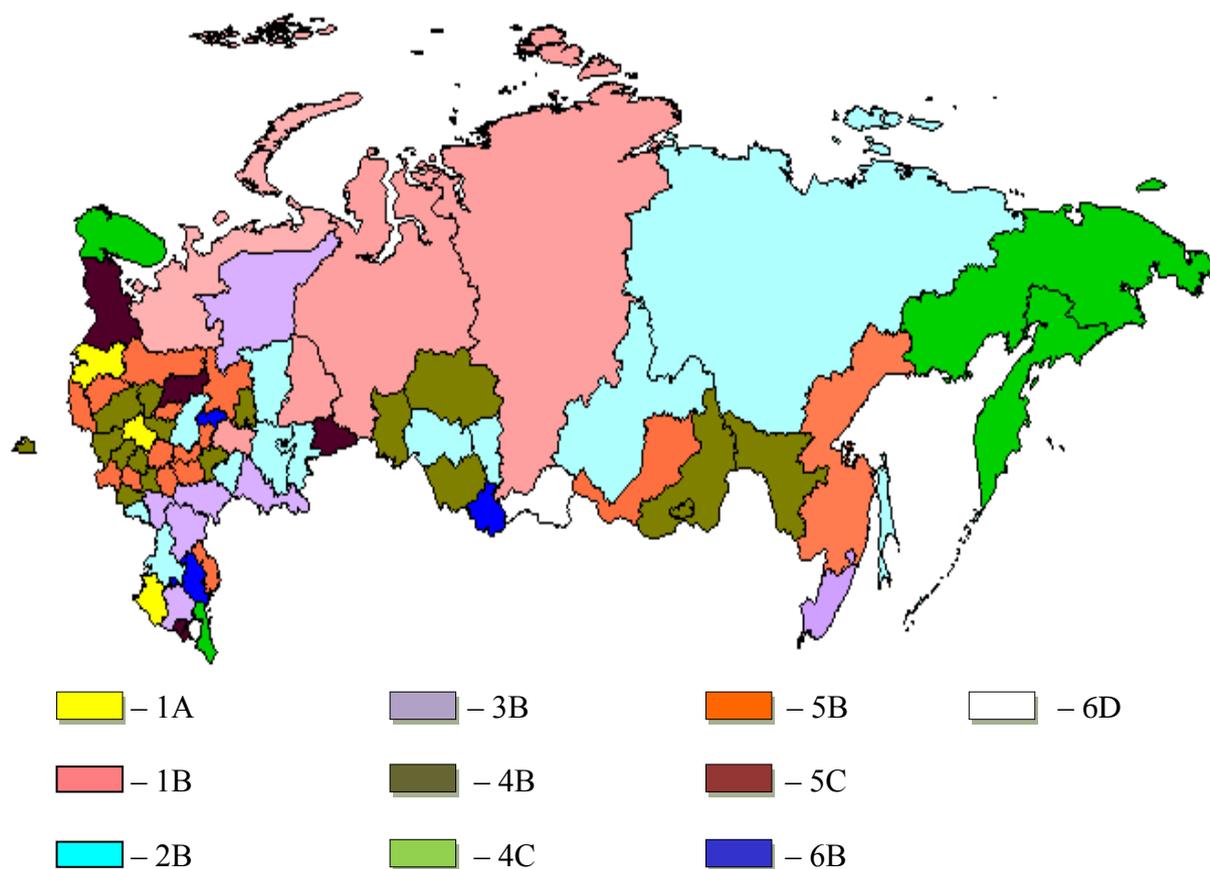


Рис. 7. Карта инвестиционного рейтинга регионов РФ для услуг связи

Таблица 5

Характеристика регионов РФ в соответствии с построенным рейтингом

Обозначение	Расшифровка	ИПРОС	Риск	ИИП	ИПРР	ИПРУС
1А	максимальный потенциал – минимальный риск	1,871	0,175	2,873	1,179	1,399
1В	максимальный потенциал – умеренный риск	1,629	0,256	1,904	2,064	1,310
2В	высокий потенциал – умеренный риск	1,254	0,264	1,623	1,187	0,998
3В	средний потенциал – умеренный риск	0,996	0,269	0,970	1,256	0,902
4В	пониженный потенциал – умеренный риск	0,866	0,265	0,795	0,961	0,879
4С	пониженный потенциал – высокий риск	0,893	0,417	0,606	1,245	0,960
5В	незначительный потенциал – умеренный риск	0,735	0,303	0,557	0,877	0,812
5С	незначительный потенциал – высокий риск	0,714	0,375	0,506	0,802	0,837
6В	низкий потенциал – высокий риск	0,587	0,375	0,290	0,762	0,740
6D	низкий потенциал – экстремальный риск	0,562	0,570	0,278	0,708	0,716

По мнению аналитиков, период 2012-2020 годов может стать ключевым в формировании положительного имиджа России как потенциального лидера в области развития ИКТ в мире, благодаря: планомерному масштабному запуску технологий четвертого поколения (LTE); обеспечению технического доступа к современным массовым цифровым услугам и стимулированию их использования как населением, так и бизнесом.

Построенный рейтинг может быть использован компаниями связи при принятии управленческих решений в области стратегического развития в регионах. В зависимости от преследуемых целей и приоритетов могут выбираться различные стратегии продвижения тех или иных услуг, с учетом различия регионов как по уровню инвестиционного потенциала, так и по уровню инвестиционного риска.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследования *J'son & Partners* рынка телекоммуникационных услуг URL: <http://www.telecomsite.ru/news/publications/781/> (дата обращения: 01.03.2014).
2. Кобылко А.А. Рынок телекоммуникационных услуг в России: проблемы и перспективы развития [econorus.org/c2013/files/kt8o.doc](http://econorus.org/c2013/files/kt8o.doc) (дата обращения: 01.03.2014).
3. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2012: Стат. сб. / Росстат. – М., 2012. – 990 с.
4. Рейтинг инвестиционной привлекательности регионов России / Эксперт РА. Рейтинговое агентство. – М.: Эксперт РА, 2013 URL: <http://raexpert.ru/ratings/regions/2013/> (дата обращения: 01.03.2014).
5. Российский рынок телекоммуникаций. URL: <http://mskit.ru/analytics/a156625/> (дата обращения: 01.03.2014).

### ОБ АВТОРАХ



**Дубровина Елена Сергеевна**, студентка 5 курса специальности «Экономика и управление на предприятии связи» ИНЭК УГАТУ. Исследования в области инвестиционного анализа, оценки инвестиционной привлекательности.

e-mail: lenk-2013@mail.ru



**Кравченко Мария Сергеевна**, студентка 4 курса специальности «Экономика и управление на предприятии связи» ИНЭК УГАТУ. Исследования в области моделирования экономических процессов, оценки инвестиций.

e-mail: kravmaria@mail.ru



**Чувилина Мария Юрьевна**, студентка 2 курса специальности «Специальные организационно-технические системы» каф. Информатики УГАТУ. Исследования в области управления и анализа в ОТС, проектного менеджмента.

e-mail: 3maria@mail.ru

УДК 338.1

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИЯМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ****Федорова Е. А., Дзинтер Н. В.**

В условиях модернизации экономики изменения охватывают все сферы деятельности предприятия, и способность предприятия осуществить эти изменения является признаком её мобильности и адаптивности к изменяющимся условиям. Изменения здесь являются основным инструментом повышения эффективной деятельности предприятия, позволяющим получить качественно иные результаты и решить ряд проблем, связанных с падением маржинальной прибыли, снижением доли рынка и конкурентоспособности выпускаемой продукции и т.п. Одним из самых эффективных инструментов решения указанных проблем являются инновации.

В современных условиях назрела необходимость рассмотрения вопроса построения системы управления инновациями (СУИ) на предприятии, включающей в себя процессы, связанные с разработкой новой продукции, от момента генерации идей до коммерциализации нового продукта. Однако, даже когда руководство предприятия, понимая необходимость создания СУИ, пытается внедрить данную систему, неизбежно появляются существенные трудности. Приоритетность финансирования проектов с краткосрочной окупаемостью и минимальными рисками, инертность персонала, страх специалистов перед изменениями и активное сопротивление им, территориальная разрозненность филиалов крупных компаний ощутимо затрудняют назревшие изменения. К тому же штатные высококвалифицированные технические специалисты предприятия уже заняты текущей деятельностью – организацией и производством серийной продукцией, и попытка задействовать этих людей в процессах разработки новой продукции встречает активное сопротивление со стороны непосредственных руководителей этих специалистов, так как основные производственные процессы в данном случае оказываются без необходимой поддержки.

Таким образом, в современных условиях важной задачей для крупных и средних предприятий является построение системы управления инновациями.

В ходе исследования изучался опыт построения подобных СУИ крупных компаний, представленных на российском рынке (Сбербанк, РЖД, Лукойл, ТНК-ВР, МТС, РИТЭК, РУСАЛ и др.). При этом были выявлены следующие основные этапы построения СУИ:

1. формирование стратегии инновационного развития предприятия;
2. создание инновационной среды внутри предприятия;
3. построение бизнес-процессов управления инновациями на предприятии.

Указанные этапы представлены на рис. 1. Рассмотрим особенности этапов построения СУИ подробнее.

**1. Формирование стратегии инновационного развития предприятия.**

Стратегия инновационного развития определяет приоритетные направления в деятельности предприятия на ближайшие 5-7 лет. В ней, прежде всего, определяются рынки, которые позволят предприятию перейти на качественно новый уровень развития, увеличить прибыль и его капитализацию. Стратегия включает цели по каждому приоритетному направлению развития предприятия. Целью может быть стремление предприятия, например, занять определенную долю рынка, получить статус привлекательного и надежного партнера для новых клиентов. Если рынок является зарождающимся и четко выраженные основные игроки на нем пока не обозначились, целью предприятия может стать завоевание позиции лидера на новом рынке. Завершение этапа «Формирование стратегии инновационного развития предприятия» может быть

оформлено в виде согласованного советом директоров решения или протокола их собрания.



**Рис.13.** Основные этапы построения СУИ

## 2. Создание инновационной среды предприятия.

Основной целью создания инновационной среды является формирование условий для инициирования процесса генерации перспективных технических идей, выявления «агентов изменений» - сторонников внедряемого процесса, перевод активно сопротивляющихся изменениям и инертных сотрудников в активных участников внедрения системы управления инновациями.

Создание инновационной среды предприятия предполагает реализацию ряда элементов, представленных на рис.2.



**Рис. 14.** Элементы инновационной среды предприятия

2.1 Организация специализированных подразделений – отделов по разработке новой продукции (ОРНП) и привлечение высококвалифицированных разработчиков, инженеров, конструкторов. На многих предприятиях ОРНП напрямую подчиняется Генеральному директору предприятия (управляющему директору филиала) для оперативности решения вопросов, связанных с принятием управленческих решений. В обязанности специалистов данного подразделения входит разработка, тестирование, проведение опытно-промышленных испытаний новой продукции. Если предприятие имеет дивизиональную структуру, то возникает необходимость создания ОРНП в каждом дивизионе, а в головной организации требуется предусмотреть центральную службу для координации работы всех дивизиональных отделов.

2.2 Создание Технического совета, неадминистративного органа предприятия, на собрание которого может прийти любой специалист со своей идеей, посоветоваться с коллегами, получить рекомендации по улучшению конструкции. Собрания устраиваются регулярно в рабочее время в среднем с периодичностью 2-4 раза в месяц. В постоянный

состав членов собрания входят наиболее компетентные технические специалисты предприятия, как правило, с многолетним опытом работы.

2.3 Создание нормативной документации: регламентов, стандартов и положений об инновационной деятельности. Все инновационные бизнес-процессы должны быть формализованы и четко прописаны. Основными необходимыми положениями, как правило, являются:

- положение о бизнес-процессах системы управления инновациями, где прописаны регламенты, этапы создания нового продукта, принятые на предприятии, и ответственные за организацию помощи в прохождении конкретного этапа. В частности это касается специалистов по экономике и маркетингу, которые дают обоснование эффективности/неэффективности предполагаемого проекта;

- положение о порядке открытия инновационного проекта и получение финансирования, включающий регламент получения инвестиций в проект и принятую систему отчетности по каждому этапу проекта. Примечательно, что некоторые организации «разбивают» инновационный проект на этапы и финансируют в него не сразу всю требуемую сумму, а только часть, необходимую для очередного этапа. По окончании этапа проводится анализ и принимается решение о продолжении финансирования либо о закрытии проекта;

- положение об управлении интеллектуальной собственностью;

- положение о технологическом мониторинге научно-технической информации по профильным тематикам;

- положение о мотивации автора и команды проекта;

- положение о взаимодействии с партнерами, НИИ, ВУЗаами.

2.4 Создание системы мотивации генерации идей о новых продуктах, соответствующих приоритетным направлениям развития предприятия.

Система мотивации генерации идей о новых продуктах на предприятии должна предусматривать 3-х ступенчатую схему выплат:

- выплаты за подачу идей (вне зависимости от дальнейшего решения об отклонении идеи или ее принятии). В случае одобрения реализации идеи выплата автору увеличивается в среднем в 2-3 раза;

- выплаты за доработку идеи и её реализацию. Важно мотивировать специалиста-автора идеи возглавить новый проект. Проведенный анализ показал, что проекты оканчиваются более успешно, если его руководителем становился автор первоначальной идеи. Это происходит из-за того, что автор сильнее ассоциирует себя с проектом и будущим продуктом, чем обычный участник проекта;

- выплаты по результатам реализации нового продукта. Как правило, это определенный процент от ежегодной прибыли с продаж продукта. Также может применяться регрессивная шкала для начисления премий: чем выше прибыль/экономический эффект, тем меньше выплачиваемый процент автору идеи, однако совокупных размер выплат автору в сумме будет больше. Мотивация может быть как материальной (премии, ценные подарки), так и не материальной (предоставление гибкого графика, название проекта именем автора, объявление публичной благодарности Генеральным директором, карьерный рост). Наиболее рациональным является одновременное использование материальных и нематериальных стимулов.

Система мотивации должна быть максимально прозрачной и понятной сотрудникам предприятия. Также важно донести ее принципы и ознакомить с ней всех сотрудников предприятия. Необходимым условием работы СУИ является понимание необходимости и поддержка руководством всех уровней этих процессов.

Многие предприятия для более активного вовлечения своих молодых и креативных специалистов в инновационные процессы используют молодежные проекты. Необходимым условием участия в них является возраст автора идеи (до 30-35 лет) и готовность возглавить своей собственными проектом. В случае одобрения проекта выделяется

требуемая денежная сумма (в среднем, не более 500 тыс. руб.) команде проекта и готовится приказ об открытии проекта. Причем проектные работы могут, как полностью освободить команду проекта от текущей деятельности, так и идти параллельно с ней. Предпочтительным является первый вариант, так как он позволяет максимально быстро достичь результата по новому проекту, довести разработку до работоспособности, и в целом, быстрее выйти на рынок. Минусом этого варианта является потеря кадровой единицы, решающей задачи основной деятельности предприятия и необходимостью срочного поиска замены.

2.5 PR процесса управления инновациями. Для уменьшения сопротивления изменениям, которые сопровождают процесс внедрения СУИ, а также для максимального вовлечения сотрудников предприятия в этот процесс, регулярно продвигается информация в корпоративных изданиях, на корпоративном портале о специалистах предприятия, чьи идеи были признаны перспективными, чьи проекты успешно развиваются, чьи инновационные продукты вышли на рынок и показывают положительную динамику. Часто делается акцент на изменения в жизни и мироощущения самого автора – как изменилась его жизнь за время работы над инновационным продуктом. Многозначительным моментом в этом являются качественные изменения в его жизни (уважение коллег, укрепления авторитета и влияния, повышение профессиональной компетентности, одобрение начальством), а также количественные изменения (выплаченные премии и увеличение доходов). Кроме рубрики «Инноватор» в корпоративной периодике, некоторые организации устраивают такие стимулирующие мероприятия как «Праздник Инноватора» с награждением лучших специалистов – авторов, разработчиков, руководителей проектов по номинациям, а также с награждением лучших подразделений/филиалов по результатам из рейтинга по поданным идеям, реализуемым проектам и полученному экономическому эффекту.

2.6 Обучение специалистов по приоритетным направлениям развития предприятия, привлечение высококвалифицированных специалистов «со стороны» для консультирования. Для выявления потребностей специалистов в обучении возможно проведение опроса технических сотрудников на предмет того, каких именно компетенций и знаний им не хватает для создания новых продуктов. Полученные ответы необходимо сравнить с целями, прописанными в Стратегии инновационного развития предприятия. Проведённый анализ должен выявить: соответствуют ли предполагаемые потребности в обучении технических специалистов поставленным целям и в полной ли мере выявленные потребности в обучении закрывают все данные цели.

Важным моментом является выявление потенциальных руководителей проектов – молодых, активных, целеустремленных, креативных технических специалистов, с желанием творческой самореализации. Необходимо создание условий для развития таких специалистов. Это может быть внутреннее обучение по типу Школы Лидеров, дающее навыки и знания о том, как использовать методы генерации идей и создать перспективный новый продукт, востребованный на рынке, успешно представить свой проект и эффективно руководить проектом.

Одним из основных источников идей для новых продуктов предприятия является её клиенты. Необходимо обучить специалистов отдела работы с клиентами, взаимодействующих с заказчиками, выявлять их явные и скрытые потребности, пожелания и требования.

Для построения СУИ требуется систематизация всей собранной информации и ее передача в ОРНП для последующей реализации идеи в продукт, параметры которого определены заказчиком. Изначально наличие в проекте заказчика, заинтересованного в создании нового продукта снижает проектные риски и повышает вероятность успешной реализации проекта.

2.7 Создание «Банка идей». «Банк идей» - инструмент для сбора, сортировки, ранжирования, оценки и выбора для реализации идей, поданных сотрудниками

организации. Данным инструментом пользуются в течение нескольких лет такие предприятия как: – ОАО Сбербанк (совокупный экономический эффект 13 млрд. руб.); – ОАО Лукойл (совокупный экономический эффект 200 млн. \$); – ОАО МТС (совокупный экономический эффект 44 млн. \$); – Сургутнефтегаз (совокупный экономический эффект 627 млн. руб.) [1].

«Банк идей» может быть реализован как дополнительный раздел корпоративного портала или в виде отдельного программного обеспечения. Для специалистов, не имеющих доступ к персональному компьютеру, рационально предусмотреть возможность подачи идей на бумажном носителе с указанием ответственных за прием форм лиц в каждом подразделении/филиале. Важно, чтобы форма подачи идеи была максимально простой, понятной и не требовала продолжительного времени для заполнения.

Необходимо назначить в каждом подразделении/филиале сотрудника, ответственного за модерирование идей из «Банка». Для оперативной реализации идей требуется жестко регламентировать срок, не позднее которого должно быть принято решение о ее принятии в реализацию или отклонении, реализации выплат и вознаграждений. Приоритетными с точки зрения реализации являются идеи о новых продуктах/услугах, которые соответствуют приоритетным направлениям развития предприятия и стратегии инновационного развития. Идеи сотрудников о новых продуктах, которые касаются непрофильных направлений развития предприятия, имеют меньший приоритет, но также подлежат рассмотрению. Если идея не одобрена в реализацию - она попадает в «архив», откуда может быть извлечена в любое подходящее время.

Наиболее распространенные критерии при отборе идей на реализацию:

- вероятность практической реализации и успешной коммерциализации;
- степень проработки идеи;
- новизна решения;
- предполагаемый экономический эффект от проекта.

### ***3. Построение бизнес-процессов управления инновациями на предприятии.***

Данный этап также предполагает корректирование бизнес-процессов, их поддержку и контроль. Источниками идей о новых продуктах могут быть не только клиенты и заказчики предприятия, но и его партнеры, конкуренты, штатные сотрудники, внешние тенденции рынка, законодательство. Как правило, регулярным мониторингом источников идей и научно-технической информации занимается несколько специалистов из головной организации, управляющей компанией. Посредством корпоративной локальной сети или портала они доводят полученную информацию до всех сотрудников предприятия.

Важным является баланс между финансированием денежных средств в инновационные проекты (высокорисковые, со средней срочной окупаемостью) и в производственные проекты (низкорисковые, с краткосрочной окупаемостью).

Риск менеджмент также играет важную роль в СУИ. При защите проекта необходимо максимально полно описать возможные риски, сформировать перечень мероприятий для предотвращения их возникновения и предусмотреть альтернативные решения при реализации риска. Руководителю проекта необходимо заранее предусмотреть «узкие места» реализации проекта и подготовить «запасные» варианты решения проблемных ситуаций (запасной вариант конструкции, запасная площадка для испытаний, наличие основного заказчика и нескольких потенциальных заказчиков и т.д.)

Одним из ключевых факторов эффективности СУИ является готовность руководителя оперативно решать проблемы технических специалистов, связанные с разработкой новой продукцией и лично контролировать происходящие процессы.

Таким образом, для выживания в условиях жесткой конкуренции, а также для повышения темпа роста доходов и капитализации предприятия, увеличения доли рынка, занимаемой предприятием и захвата новых рынков необходимо построить отлаженную систему управления инновациями, целью которой является вывод на рынок

востребованных инновационных продуктов, которые максимально удовлетворяют потребности современных потребителей.

Предприятия, внедряющие систему управления инновациями сегодня, обладают существенным преимуществом перед своими конкурентами, которые пока не задумываются о необходимости качественных изменений и построения инновационной системы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Газета «Ведомости» <http://www.vedomosti.ru/newspaper/article/2010/03/30/22961>



#### ОБ АВТОРАХ

**Федорова Екатерина Андреевна**, магистрант кафедры управления инновациями УГАТУ. Исследования в области процессов вывода инновационных продуктов на рынок, упаковки и подготовки к финансированию инновационных проектов.

e-mail: [katerin\\_fed@mail.ru](mailto:katerin_fed@mail.ru)



**Дзинтер Наталья Витальевна**, старший преподаватель кафедры «Экономика предпринимательства». Исследования в области автоматизированных систем управления, системного моделирования, управления рисками.

e-mail: [dzinter@inbox.ru](mailto:dzinter@inbox.ru)

УДК 658.3

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ В ИННОВАЦИОННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

**Шамсутдинова Ф. С.**

В условиях жесткой конкурентной борьбы предприятиям без инновационной деятельности существовать крайне тяжело. Именно сотрудники являются основными носителями новых конкурентоспособных идей, решений нестандартных задач или новых способов решения стандартных задач. В менеджменте инновационной организации роль персонала играет одну из определяющих и ключевых ролей в процессах разработки и реализации инноваций. Для успешного функционирования организации необходимо постоянно развивать персонал, создавать новые методы эффективного управления персоналом [1, с. 11].

Цель исследования – сравнить методы управления персоналом в традиционной и инновационной организации, и выявить эффективные методы управления персоналом в инновационных организациях.

Для выявления эффективных методов управления персоналом необходимо рассмотреть основные элементы системы управления персоналом.

Известно, что система управления персоналом воздействует на способности работников вести инновационную деятельность. Управление развитием персонала может иметь в особенности огромное влияние на способности работников генерировать новейшие идеи и развивать их. Главными элементами такой системы являются: наем работников, развитие персонала, индивидуальные цели, оценивание персонала, мотивация персонала[2, с. 45].

Отличительные черты этих элементов в традиционных и инновационных организациях представлены в таблице 1.

**Таблица 1**

**Элементы системы управления персоналом в традиционных и инновационных организациях**

Элементы системы управления персоналом	Традиционная организация	Инновационная организация
Найм работников	Удовлетворение спроса на работников в качественном и количественном отношении.	Найм сотрудником с дополнительными требованиями, такими как гибкость и подвижность мышления, творческий потенциал, потребность в творческой самореализации, умение приспосабливаться к быстроизменяющимся условиям работы, склонностью и способностью к обучению и переобучению[3, с.319].
Развитие персонала		1. С помощью ротации . 2. Введение некоторой общей практики, которая обеспечивает наличие у всего персонала определенных ключевых практических навыков и ключевых возможностей
Индивидуальные цели	Индивидуальные цели в рамках традиционного предприятия не рассматриваются.	1. Придерживаются рекомендаций по развитию инновационного мышления. 2. Техническим работникам разрешается 15% своего рабочего времени уделять на свои индивидуальные цели [4, с.93]
Оценивание персонала	В зависимости как сотрудник выполняет свои обязанности – хорошо или плохо: 1. Отличные работники – продвижение по карьерной лестнице; 2. Хорошие работники – возможность длительной работы в организации; 3. Плохие работники – увольнение. Оценивание проводит начальник работника без учета чьих-либо еще мнений.	Менеджер организации во время беседы со своим подчиненным затрагивает 3 вопроса: 1. Достижения за последний год; 2. Планы на будущий год; 3. Планирование и расстановка целей. С помощью этой процедуры можно составить индивидуальный план развития личности в рамках той области, где компетентен данный сотрудник. Оценивание проводится с учетом мнения большинства сотрудников, которые тем или иным образом связаны с оцениваемым сотрудником, это могут быть руководитель оцениваемого, его коллеги клиенты как внутренние, так и внешние, подчиненные. В ходе оценивания работника все организации смотрят на тот вклад, который сделал работник, т.е достиг ли он плановых показателей за год. Рассматривается участие в инновационной деятельности.
Мотивация персонала	1. Материальные вознаграждения 2. Продвижение по службе и карьера 3. Социальные вознаграждения	1. Материальные вознаграждения, премии, надбавки. 2. Продвижение по службе и карьера 3. Социальные вознаграждения 4. Зарубежные командировки 5. Участие в принятии решений 6. Стажировка и участие в конференциях, финансируемых фирмой.

Раскроем некоторые элементы системы управления персоналом, представленные в таблице 1.

Одним из способов развития творческого потенциала у сотрудников является ротация. Это когда инновационные предприятия перемещают своих сотрудников в рамках своей организации. Считается, что придя на новое место работы, люди приносят с собой новые идеи, новые взгляды на ход событий, что со временем истощается. С этой точки зрения работника следует перемещать на новое место работы, где он снова будет продуктивен и полон новых идей [5, с. 196]. Ротация помогает сотруднику стать более творческим человеком и выработать свой взгляд на проблемы бизнеса. Это происходит за счет перемещения из одного места работы на другое, где он постоянно встречается с новыми идеями и новыми ситуациями. Происходит индивидуальное развитие сотрудника. Важно еще и то, как ротация воздействует на группы, команды.

Большая часть работы в инновационных организациях проводится именно в группах. Но команды тоже со временем могут выдыхаться, истощаться. Такие группы, которые слишком долго объединяют одних и тех же членов, начинают отвергать любые идеи, которые отличаются от установленных в группе норм. Появляется сильный синдром «изобретено не здесь». Путем ротации работников инновационные организации борются с этой тенденцией отрицания приходящих извне идей. Такие организации склонны к регулярному обновлению всех групп [6, с.10].

Индивидуальные цели.

Следует уделить внимание развитию инновационного мышления у сотрудников. Сегодня инновационное мышление становится востребованным. Но, несмотря на это инновационное мышление для многих остается не до конца определенным. Очень мало людей умеют мыслить инновационно и таких в мире всего 4-5%. Инновационному мышлению, как и обычному мышлению можно научиться и совершенствовать его в ходе практического применения. Существуют некоторые рекомендации по развитию инновационного мышления. Во-первых необходимо избегать традиционного и рутинного образа мышления, следует поощрять изменения и инновации, также повышать уровень подготовки менеджеров по персоналу. Необходимо создать благоприятный инновационный климат в организации, что предполагает атмосферу доверия, выявление и преодоление факторов, «блокирующих» творческие усилия и совместную поисковую работу персонала, расширение полномочий инноваторов на рабочем месте, использование организационных и психологических инструментов, помогающих «генерировать» новые идеи [7, с. 37].

Оценивание персонала.

Следует упомянуть о сотруднике, проводящий оценивание, который намного больше знает о своих работниках. Он в состоянии оценить, как они выполняют свою работу, каким образом достигают своих результатов, поскольку он непосредственно все это наблюдает. Вообще говоря, более инновационные организации имеют более тесные связи, и более интенсивные коммуникации между руководителями и подчиненными.

Мотивация персонала.

Основным методом стимулирования является материальное вознаграждение. Все сотрудники получают зарплату, но кроме этого начисляются премии и надбавки именно тем сотрудникам, которые ведут инновационную деятельность. Денежные вознаграждения необходимы, но не всегда являются наилучшим способом стимулировать работника вести инновационную деятельность. Даже исследования показывают, что чрезмерно большие денежные вознаграждения отнимают желание у сотрудников к творческой работе.

Следующим методом стимулирования является продвижение по службе и карьера. В инновационных организациях участие в инновационной деятельности является важным критерием для продвижения по службе. А если рассматривать традиционные организации, то там всё наоборот. Там для продвижения по карьерной лестнице необходимо заниматься

только обычной стабильной работой. Сотрудники в обычных организациях избегают всяческих рискованных проектов, поскольку в случае неудачи таких проектов они лишаются перспектив служебного продвижения.

Следующий тип вознаграждения – возможность сотрудникам продолжать заниматься работой, которой они занимаются. Существуют доказательства того, что слишком большие премии и другие финансовые вознаграждения отвлекают мотивированных людей от их работы. Наиболее инновационные организации, которые стремятся нанимать мотивированных людей, часто осознают это и соответственно контролируют применение финансовых стимулов.

Существенный мотивационный фактор - зарубежные командировки.

Качественный состав персонала инновационной организации требует индивидуализированной кадровой политики. Речь идет о диалоге руководителя с личностями, а не с унифицированным персоналом. В интеллектуальной деятельности именно личностный аспект играет определяющую роль. Однако и организация не менее амбициозна, если имеет в виду ее стратегические цели. Учитывая эти факторы, следует стремиться к тому, чтобы оптимально совместить личностные и фирменные интересы [8, с. 115].

Индивидуализация выступает в различных формах, от материального вознаграждения до участия в принятии решений. Индивидуализация как стиль управления означает также минимизацию контроля и высокую степень доверия к самоорганизации конструкторского персонала. Желательно предоставлять определенную организационную свободу ведущим сотрудникам, по возможности переходить с ними на виртуальные способы коммуникации: общение с помощью компьютера или мобильного телефона. Инициативные и творческие люди способны сами организовать свой рабочий день, ориентируясь не на выработку человеко-часов, а на конечный результат - наукоемкий продукт.

Самостоятельность ведущих конструкторов в рамках организации распространяется также на планирование зарубежных стажировок и участия в конференциях, финансируемых фирмой. Только эксперт может определить необходимость информационной подпитки в ходе той или иной зарубежной поездки, он же отвечает перед коллегами и руководством за результативность такой поездки.

Таким образом, мы рассмотрели основные элементы управления персоналом и выявили их отличительные особенности в традиционных и инновационных организациях.

В первую очередь, что сильно отличает инновационные предприятия от традиционного – это тесные связи, и более интенсивные коммуникации между руководителями и подчиненными. В таких организациях существует индивидуальный подход к каждому сотруднику, который занимается инновационной деятельностью. Его мотивируют не только материальными вознаграждениями, а также возможностью заниматься той инновационной работой, которая интересна сотруднику, но это должно быть в рамках деятельности данной компании. В инновационных организациях высокая степень доверия к самоорганизации.

Наиболее эффективным методом управления персоналом является метод связанный с мотивацией персонала. Ведь именно правильно подобранная и использованная мотивация заставляет сотрудников выдавать наилучший результат.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Дейнека А.В. Беспалько В.А. Управление человеческими ресурсами: Учебник для бакалавров. - "Дашков и К". 2013. - 392 с.
2. Абрамешин А.Е., Воронина Т.П., Молчанова О.П., Тихонова Е.А., Шленов Ю. В Инновационный менеджмент: Учебник для вузов /.; Под редакцией д-ра экон. наук, проф. О.П. Молчановой. - М.: Вита-Пресс, 2004. - 272 с.
3. Гунин В.Н., Баранчев В.П., Устинов В.А., Ляпина С.Ю. Управление

инновациями: 17-модульная программа для менеджеров "Управление развитием организации". Модуль 7. - М.: Юнити, 2003. - 328 с.

4. Николас К. Сирополис Управление малым бизнесом. Руководство для предпринимателей: Пер. с англ. - М.: Дело, 2005.- 672 с.

5. Половинко В.С. Управление персоналом в инновационной организации: моногр. / В.С. Половинко, Е.В. Макарова. - Омск: изд-во Омского гос. ун-та, 2006. - 221 с.

6. Трифилова А.А. Использование инновационного подхода в стратегическом управлении предприятием: Автореф. дисс. ... к. э. н.: 08.00.05 / А.А. Трифилова; Нижегородский гос. архитектурно-строит. университет. - Н. Новгород, 2000. - 23 с.

7. Лесков С. Л. Живая инновация. Мышление XXI века. М.: Просвящение, 2010.- 231 с.

8. Ильенкова С.Д., Гохберг Л.М. Инновационный менеджмент: Учебник. - М.: ЮНИТИ, 2003.- 342 с.

## ОБ АВТОРАХ



Фото

**Шамсутдинова Фидалия Саматовна**, магистрант каф. «Управление инновациями» УГАТУ, дипл. инж. по вычислительным машинам комплексам системам и сетям (УГАТУ, 2011). Исследования в области анализа и оценки эффективности деятельности предприятий нефтегазовой отрасли.

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 534.5

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТА «JAMMING AVOIDANCE RESPONSE»

Калимуллина Э. Р., Хатмуллина М. Т.

Наша жизнь постоянно связана с получением, накоплением и обработкой информации. Человек воспринимает информацию из окружающего мира с помощью своих пяти органов чувств. Что касается живой природы, которая окружает нас, здесь мы встречаем самое широкое разнообразие источников, носителей и приёмников информации. Биокommunikация между живыми организмами происходит путем передачи информации при помощи различных сигналов. Передача информации (генерация) осуществляется специальными органами. Приём информации (рецепция), осуществляются на сенсорном уровне, органов обоняния, вкуса, зрения, слуха, электро-, термо-, механо- и др. специальными рецепторами. Передаваемые сигналы обрабатываются в разных частях нервной системы, сопоставляются в её высших отделах, где формируется ответная реакция организма.

В 1963 году ученые Akira Watanabe и Kimihisa Takeda из Токийского Медико-Стоматологического Университета открыли необычное явление, получившее название "Jamming avoidance response". Ученые изучали сигналы, испускаемые такими рыбками как *Eigenmannia* и *Gymnarchus*. Частоты испускаемых ими электромагнитных волн составляют примерно 400 - 420 Гц, с их помощью рыбки сканируют область вокруг себя и тем самым получают информацию об окружающей среде. Электромагнитные волны возникают у рыб благодаря их электрическому органу, который находится в хвостовой части (рис.1), электрорецепторы на поверхности тела принимают отраженный от различных объектов сигнал.

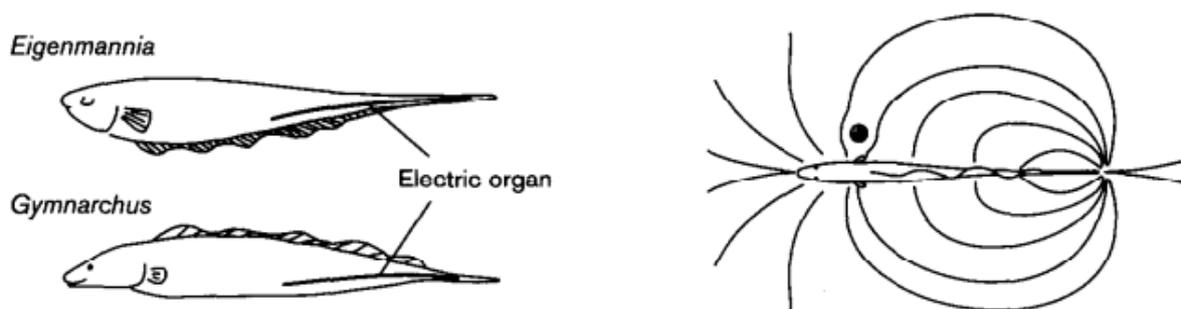
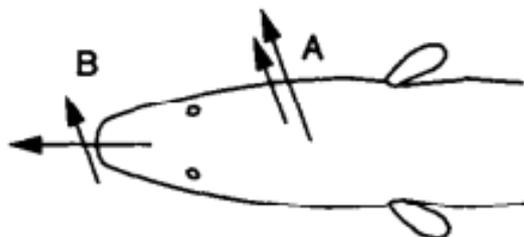


Рис. 1. Расположение электрического органа на поверхности тела у рыб

Если рыбки окажутся рядом, то может случиться так, что сигнал, испускаемый одной рыбкой, может быть воспринят другой рыбкой как собственный. В результате чего должно было бы произойти «запутывание» в обработке сигналов. Однако этого не происходит. Испускаемые рыбками частоты незначительно отличаются друг от друга, а в результате наложения волн с близкими частотами наблюдается их биения. Воспринимая эти биения, рыбка, испускающая меньшую частоту, уменьшает испускаемую ей частоту. Рыбка, испускающая большую частоту, увеличивает ее. Тем самым они сканируют пространство вокруг себя уже на разных частотах и в результате "запутывание" не происходит, это явление ученые назвали "Jamming avoidance response". Каким образом эти рыбки догадываются совершенно безошибочно, кому необходимо уменьшить частоту, а

кому увеличить? Японские исследователи выдвинули свое предположение. Они исследовали сигналы, воспринимаемые рыбкой в электрорецепторах, находящихся в двух разных частях тела на рис. 2 А и В. Длинными стрелками обозначен - собственный сигнал рыбы (испускаемый сигнал). Короткими стрелками - сигнал, получаемый при наложении волн собственной и соседней, т.е. биения.

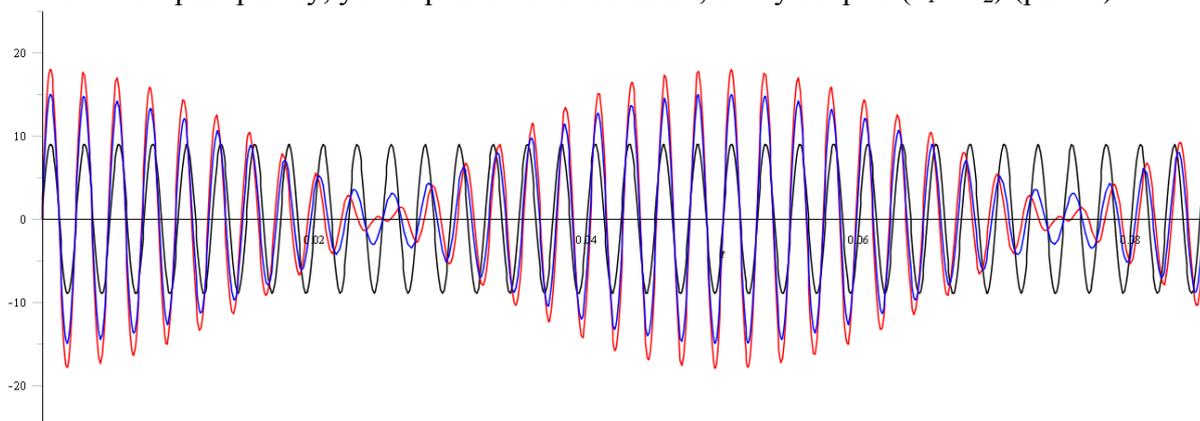


**Рис. 2.** Электрорецепторы А и В

Сигналы, воспринимаемые в электрорецепторах А и В, незначительно отличаются друг от друга по интенсивности. В результате возникновения биений происходит амплитудная и фазовая модуляция результирующего сигнала.

Целью нашей работы являлось проверить предположение ученых, промоделировав такую ситуацию, складывая сигналы с близкими частотами различной интенсивности. Моделирование осуществлялось в программе Maple – 16 [4].

Рассмотрим рыбку, у которой частота меньше, чем у второй ( $\nu_1 < \nu_2$ ) (рис. 3).



**Рис. 3.** Развертка по времени электромагнитных колебаний  $y_1$ ,  $y_A$ ,  $y_B$   
(Частота первой рыбки меньше частоты второй)

Частоты электромагнитных колебаний взяты  $\nu_1=400$  Гц и  $\nu_2=420$  Гц. Обозначим через  $y_1$  - собственный сигнал рыбки (черный цвет):

$$y_1 = a_1 \sin(2\pi\nu_1 t)$$

$y_2 = a_2 \sin(2\pi\nu_2 t)$  и  $y_3 = a_3 \sin(2\pi\nu_2 t)$  – сигнал от соседней рыбки, где  $a_2$  и  $a_3$  амплитуды волн, дошедших до электрорецепторов А и В соответственно. Интенсивности волн, приходящие от другой рыбки в электрорецепторах А и В будут несколько различаться друг от друга.

$y_A$  (синий цвет) - сигнал, получаемый в электрорецепторе А, в результате наложения 2-х волн и образования тем самым биений:

$$y_A = y_1 + y_2$$

$y_B$  (красный цвет) - сигнал, получаемый в электрорецепторе В в результате наложения 2-х волн (биения):

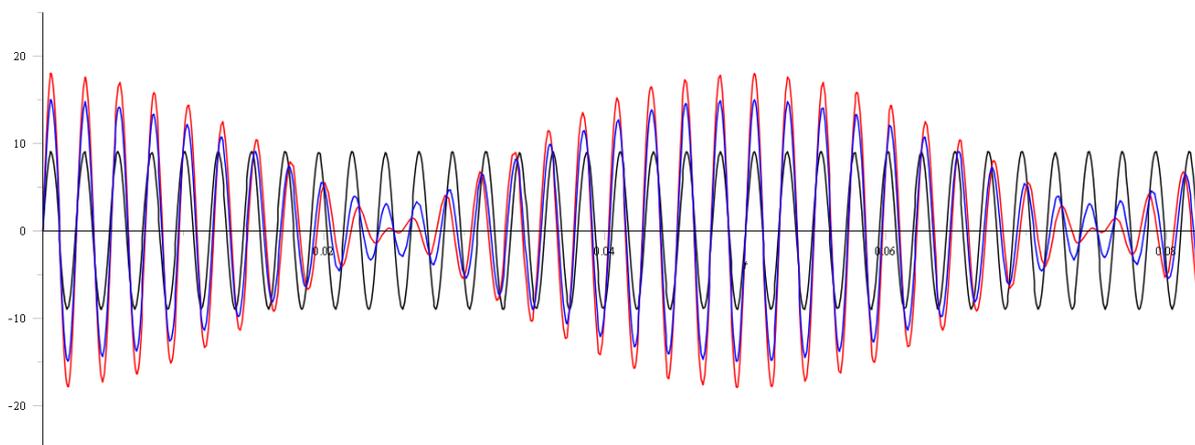
$$y_B = y_1 + y_3$$

На рис. 3 представлен результат моделирования: развертка по времени колебаний  $y_1$ ,  $y_A$ ,  $y_B$ .

В результате возникновения биений происходит амплитудная и фазовая модуляция результирующего сигнала  $u_A$  и  $u_B$  соответственно. Амплитудная модуляция представляет периодическое изменение огибающей результирующего сигнала, фазовая модуляция представляет собой запаздывание - опережение по времени результирующего сигнала по сравнению с собственным сигналом.

Если мы сравним собственный сигнал  $u$  и полученные биения  $u_A$  и  $u_B$ , из Рис. 3 видно, что сначала сигналы  $u_A$  и  $u_B$ , воспринимаемые в электрорецепторах А и В соответственно, отстают по фазе от собственного сигнала рыбки, в некоторый момент времени сравниваются по фазе, далее сигналы в электрорецепторах А и В начинают опережать по фазе собственный сигнал рыбки. Если сравнивать фазовые модуляции в электрорецепторах А и В, то мы видим по Рис. 3, что фазовая модуляция сильнее выражена в электрорецепторе В, чем в электрорецепторе А, таким образом создается дифференциально - фазовая модуляция.

Рассмотрим другую рыбку, у которой частота наоборот больше ( $\nu_1 > \nu_2$ ),  $\nu_1=420$  Гц и  $\nu_2=400$  Гц (рис. 4).

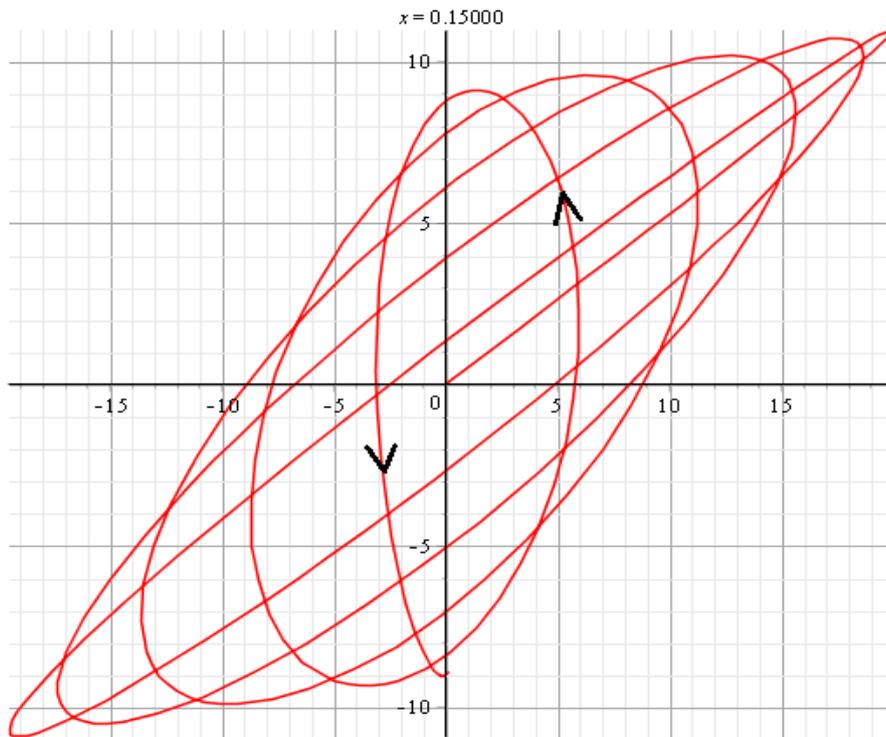


**Рис. 4.** Развертка по времени электромагнитных колебаний  $u$ ,  $u_A$ ,  $u_B$  (Частота второй рыбки меньше частоты первой)

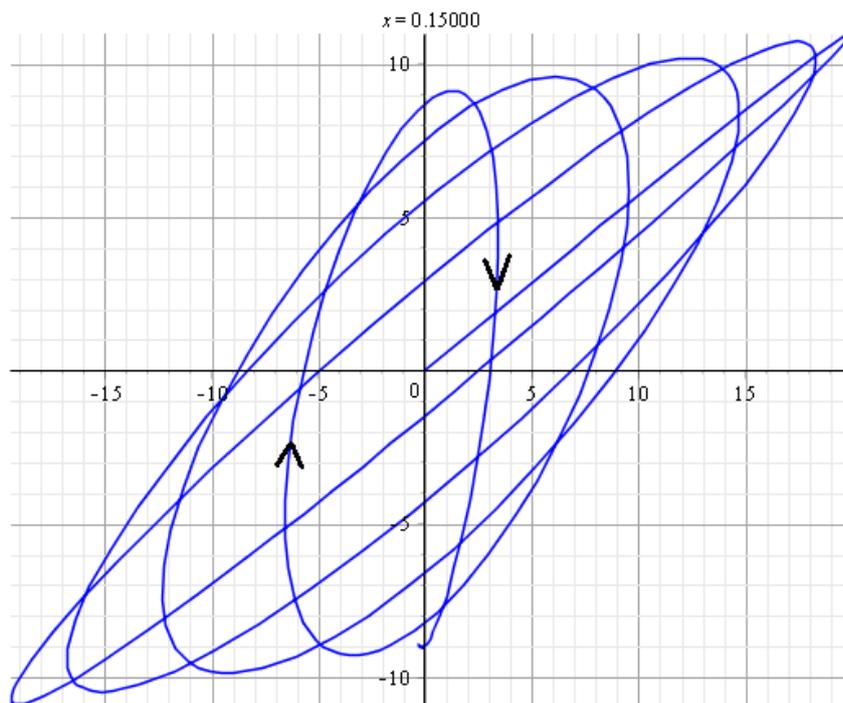
На рис. 4 представлен результат моделирования. Здесь мы видим, что сначала сигналы  $u_A$  и  $u_B$ , воспринимаемые в электрорецепторах А и В, опережают по фазе собственный сигнал рыбки, в некоторый момент времени сравниваются по фазе, далее наблюдается следующий процесс: сигналы в электрорецепторах А и В начинают отставать по фазе от собственного сигнала рыбки. Таким образом, наблюдается обратная картина по сравнению с рассмотренной предыдущей картиной (Рис. 3).

Далее воспринимаемые сигналы  $u_A$  и  $u_B$  в электрорецепторах А и В сложим как взаимно-перпендикулярные колебания и получим фигуры по аналогии с фигурами Лиссажу [5]. В результате для рыбки, у которой частота меньше ( $\nu_1 < \nu_2$ ) получим, что вращение фигуры Лиссажу происходит против часовой стрелки (рис. 5). Для рыбки, у которой частота больше ( $\nu_1 > \nu_2$ ) получим, что вращение фигуры Лиссажу происходит, наоборот, по часовой стрелке (Рис. 6. Сложение взаимно-перпендикулярных колебаний  $u_A$  и  $u_B$  в случае, когда  $\nu_1 > \nu_2$ ).

Различное поведение – вращение по часовой или против часовой стрелки является существенным моментом при принятии безошибочного решения, какой рыбки увеличить частоту, а какой уменьшить. При вращении результирующего сигнала против часовой стрелки (рис. 5) рыбка у которой частота была меньше  $\nu_1 < \nu_2$ , должна будет уменьшить испускаемую частоту. При вращении результирующего сигнала по часовой стрелки (рис. 6) рыбка у которой частота была больше  $\nu_1 > \nu_2$ , должна будет увеличить испускаемую частоту. Именно этим можно объяснить, почему не происходит "запутывания" в обработке сигналов. Это и являлось, по мнению ученых, существенным моментом в объяснении эффекта "Jamming avoidance response".



**Рис. 5.** Сложение взаимно-перпендикулярных колебаний  $y_A$  и  $y_B$  в случае, когда  $v_1 < v_2$



**Рис. 6.** Сложение взаимно-перпендикулярных колебаний  $y_A$  и  $y_B$  в случае, когда  $v_1 > v_2$

**Заключение.**

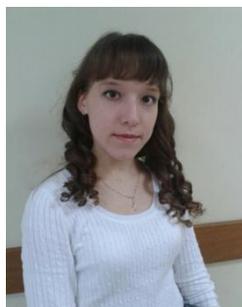
Мы можем сделать вывод, что амплитудная и дифференциально - фазовая модуляции являются существенными признаками в объяснении такого эффекта как "Jamming avoidance response". Хотелось бы отметить, что:

- 1) Глубина модуляций зависит от соотношения интенсивностей этих сигналов.
- 2) Рыбки способны чувствовать различие в интенсивности порядка 0.1%, а запаздывание сигнала по времени в наносекунды.

3) Каждая часть мозга отвечает за определенную функцию в эффекте "Jamming avoidance response" (например, какая-то: за определение амплитуды, частоты, знака при сложении, вычисление амплитудной модуляции, дифференциально - фазовой). После обработки данных в мозге информация передается по нейронным сетям рыбе и таким образом рыба либо увеличивает, либо уменьшает частоту.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kawasaki. M. Sensory hyperacuity in the jamming avoidance response of weakly electric fish. /Curr. Opin. Neurobiol., 1997. - 479.
2. Kawasaki. M, Rose. G. J, Heiligenberg W: Temporel hypemcuity in single neurons of electric fish. /Nature 1988, 336: 76.
3. Watanabe. A, Takeda. K: The change of discharge frequency by AC. stimulus in a weakly electric fish. /J Exp Biol 1963. - 66.
4. О.А. Сдвижков Математика на компьютере: Maple 8 , М: Солон, 2003,176 с.
5. Савельев И.В.: Курс физики. Учебное пособие. В 3-х тт. Т. 2. Электричество. Колебания и волны. Волновая оптика. 3-е изд., стер. — СПб.: Издательство "Лань", 2007. — 480с. : ил. — ( Учебники для вузов. Специальная литература). Стр. 260 - 264.



#### ОБ АВТОРАХ

**Калимуллина Элида Рашитовна**, студент группы СТС-202 каф. информатики, ФИРТ УГАТУ

e-mail: [kalimullina.elida@yandex.ru](mailto:kalimullina.elida@yandex.ru)



**Хатмуллина Маргарита Талгатовна**, канд. физ.-мат. н., каф. физики, ОНФ УГАТУ

e-mail: [hatmullinamargarita@mail.ru](mailto:hatmullinamargarita@mail.ru)

УДК 336.743

## МЕТОД БЛИЖАЙШИХ СОСЕДЕЙ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ВАЛЮТНЫХ КОТИРОВОК

**Хайруллина А. А., Сабангулова Л. Б.**

### Введение

Актуальность задачи прогнозирования курса валют проявляется в разных областях и сферах бизнеса. Данная задача актуальна для банков, которые используют предположения о прогнозе цены курса валют и хранят свои активы в более дорогой валюте, для заемщиков, так как, зная будущее изменение курса валют, можно брать кредит в той валюте, которая серьезно ослабеет в процессе его выплаты.

Также прогнозирование валютных курсов – важная задача для профессиональных участников валютной биржи: стремительное развитие глобальной сети интернет внесло

существенные коррективы в различные отрасли деятельности человека, в том числе затронуло и сферу финансовых услуг. В результате валютный рынок стал одной из самых известных бирж в мире. Он позволяет получать весомый доход, используя лишь современные технологии и методы связи.

#### Содержательная постановка задачи.

Необходимо создать математическую модель, с помощью которой можно спрогнозировать будущее значение валютной котировки по известным значениям валютных котировок за некоторый период времени.

Считается, что внешние условия в течение всего исследования стабильны, нет форс-мажорных ситуаций, влияющих на курс валют.

#### Математическая постановка задачи (рис. 1).

Дано:  $k_t$  – значения валютных котировок в момент времени  $t$ ,

$k_1, k_2, \dots, k_n$ .

Определить:  $k_{n+1}$ :

- значение валютной котировки,

- тенденцию валютной котировки (цена растет или падает).

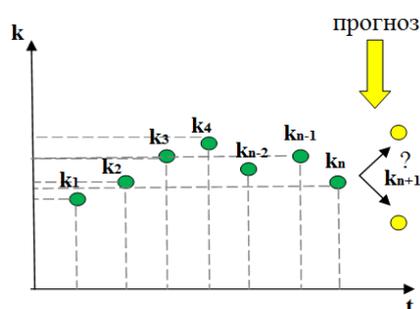


Рис. 1. Математическая постановка задачи

#### Математическая постановка задачи в терминах распознавания образов (рис. 2).

Дано:  $n$  – количество валютных котировок за некоторый период;

$k_i$  – объекты, значения валютных котировок, где  $i=1, n$ .

$k_1, k_2, \dots, k_n$ .

Образуем  $m$  векторов признаков ( $V$ ) размерности  $r$ , где ( $r$  от 2 до  $n$ ),

$V_1(k_1 \dots k_r), V_2(k_1 \dots k_r), \dots, V_m(k_1 \dots k_r)$ ,

где  $V_1(k_1 \dots k_r), V_2(k_1 \dots k_r) \dots V_{m-1}(k_1 \dots k_r)$  – маркированная выборка.

Определить к какому из следующих классов принадлежит вектор  $V_m(k_1 \dots k_r)$ :

- класс 1 ( $W_1$ ): значение валютной котировки растет;

- класс 2 ( $W_2$ ): значение валютной котировки падает.

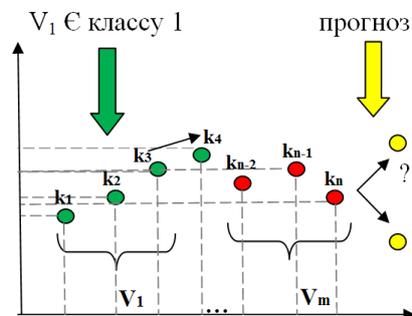


Рис. 2. Математическая постановка задачи в терминах распознавания образов

Данную задачу прогнозирования можно разбить на следующие подзадачи:

- 1) обработка входных данных,
- 2) прогнозирование валютной котировки,
- 3) фиксирование параметров алгоритма,

4) графическое представление прогноза валютной котировки.

Рассмотрим решение каждой подзадачи подробнее.

**1. Обработка входных данных в методе ближайшего соседа: способы формирования векторов признаков.**

1.1 Признак как абсолютное значение (рис. 3).

Пусть имеется  $n$  последовательных значений валютных котировок  $k_i$  за некоторый период времени  $n$ , где  $i = \overline{1, n}$ , которые будем называть объектом. Из данных объектов образуем множество векторов признаков объектов  $V_i$ , где  $i = \overline{1, m}$ , размерности  $g$ .

Представить каждый признак в виде абсолютного значения валютной котировки, то есть вектор  $V_i = (k_1, k_2 \dots k_n)$ .

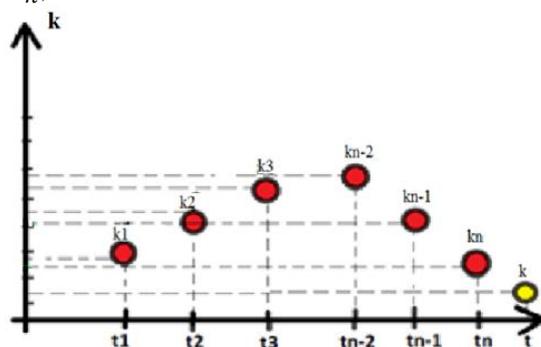


Рис. 3. Признак как абсолютное значение

Рассмотрим альтернативные варианты:

1.2 Признак как пара разности между соседними значениями (рис. 4).

Представить каждый признак в виде пары разницы между соседними значениями валютной котировки, то есть вектор  $V_i = (k_2 - k_1, k_3 - k_2 \dots k_n - k_{n-1}) = (d_1, d_2, \dots d_n)$ .

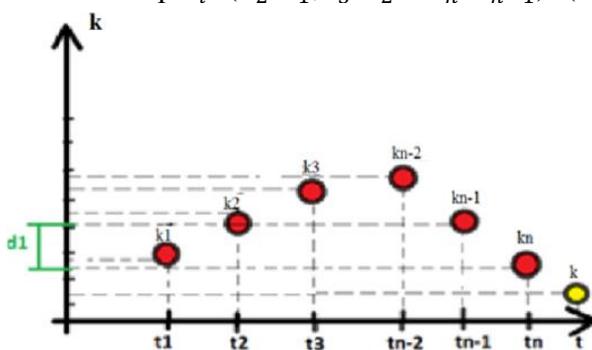


Рис. 4. Признак как пара разности между соседними значениями

1.3 Признак как булево значение (рис. 5).

Представить признаки в виде булевых значений, где значение true будет описывать, что цена курса валют возросла, false – цена упала.  $V_i = (true, true, true, false \dots)$ .

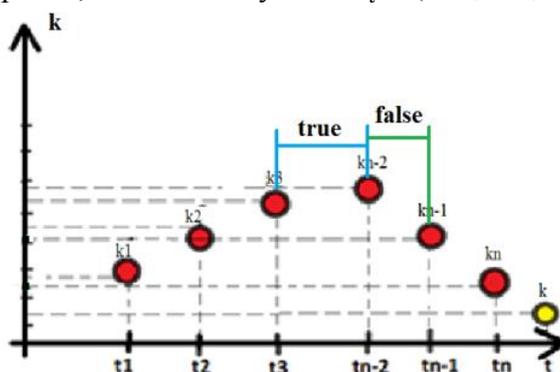


Рис. 5. Признак как булево значение

## 2. Рассмотрим решение второй подзадачи. Прогнозирование валютной котировки: Метод ближайшего соседа (схема алгоритма и пример)

Пусть имеется  $n$  последовательных значений валютных котировок  $k_i$  за некоторый период времени  $n$ , где  $i = \overline{1, n}$ , которые будем называть объектом. Каждому объекту  $k_i$  сопоставляем вес  $\alpha_i$ , где  $\sum_0^n \alpha_i = const$ . Из данных объектов образуем множество векторов признаков объектов  $v_i$ , где  $i = \overline{1, m}$ , размерности  $r$ . Все векторы признаков принадлежат какому-либо классу. В данной задаче можно выделить три класса: цена валютной котировки растет, падает или остается неизменной. Необходимо определить к какому классу принадлежит вектор  $v_{m+1}$ .

На первом шаге алгоритма следует задать число  $k$  – количество ближайших соседей. Если принять  $k = 1$ , то алгоритм потеряет обобщающую способность (то есть способность выдавать правильный результат для данных, не встречавшихся ранее в алгоритме) так как новой записи будет присвоен класс самой близкой к ней. Если установить слишком большое значение, то многие локальные особенности не будут выявлены.

На втором шаге находятся  $k$  записей с минимальным расстоянием до вектора признаков нового объекта (поиск соседей), учитывая веса объектов в векторе.

Для того чтобы найти сходство между векторами признаков используют различные меры сходства:

1. Эвклидова мера сходства.

Она характеризуется как расстояние между векторами признаков и используется в следующих случаях:

а) исходные признаки взаимно независимы и имеют одну и ту же дисперсию;

б) исходные признаки однородны по физическому смыслу и одинаково важны для классификации.

Функция для расчета расстояния должна отвечать следующим правилам:

1.  $d(x, y) \geq 0$ ,  $d(x, y) = 0$  тогда и только тогда, когда  $x = y$ ;

2.  $d(x, y) = d(y, x)$ ;

3.  $d(x, z) \leq d(x, y) + d(y, z)$ , при условии, что точки  $x, y, z$  не лежат на одной прямой.

Находим евклидово расстояние между заданными векторами признаков и прогнозируемым:

1. Для признаков как разность значений:

$$D_E = \sqrt{\sum_1^r (v_i - v_{m+1})^2}, \quad (1)$$

где  $r$  – количество параметров вектора признаков,  $i = \overline{1, m}$ .

2. Для признаков как булево значение:

$$dj(v_{i,j}, v_{m+1,j}) = \begin{cases} 1, & \text{если } v_{i,j} = v_{m+1,j} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (2)$$

$$D_E = \sum_1^r dj(v_{i,j}, v_{m+1,j}), \quad \text{где } j = \overline{1, r}.$$

Соответственно, чем больше  $D$ , тем ближе.

2. Мера сходства Танимото.

$$bj(v_{i,j}, v_{m+1,j}) = \begin{cases} 1, & \text{если } |v_{i,j} - v_{m+1,j}| < \varepsilon_j \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (3),$$

где мера близости объектов по  $j$ -му признаку  $bj(v_{i,j}, v_{m+1,j})$  определяется как (3),  $i = \overline{1, m}$ ,  $j = \overline{1, r}$ .

Таким образом, близость объектов определяется числом совпадений свойств сравниваемых объектов с точностью до априорно оговоренного (заданного) допуска  $\varepsilon_j$  по каждому признаку; в частности, при  $\varepsilon_j = 0$  предполагается эквивалентность соответствующих свойств сравниваемых объектов.

$D_E = \frac{b_j(1)}{r_1+r_2-b_j(1)}$ , где  $b_j(3)$  - число совпавших признаков,  $r_1$  и  $r_2$  – размерность сравниваемых векторов. Чем ближе значение  $D_E$  к единице, тем схожи два вектора (см. рис. 6).

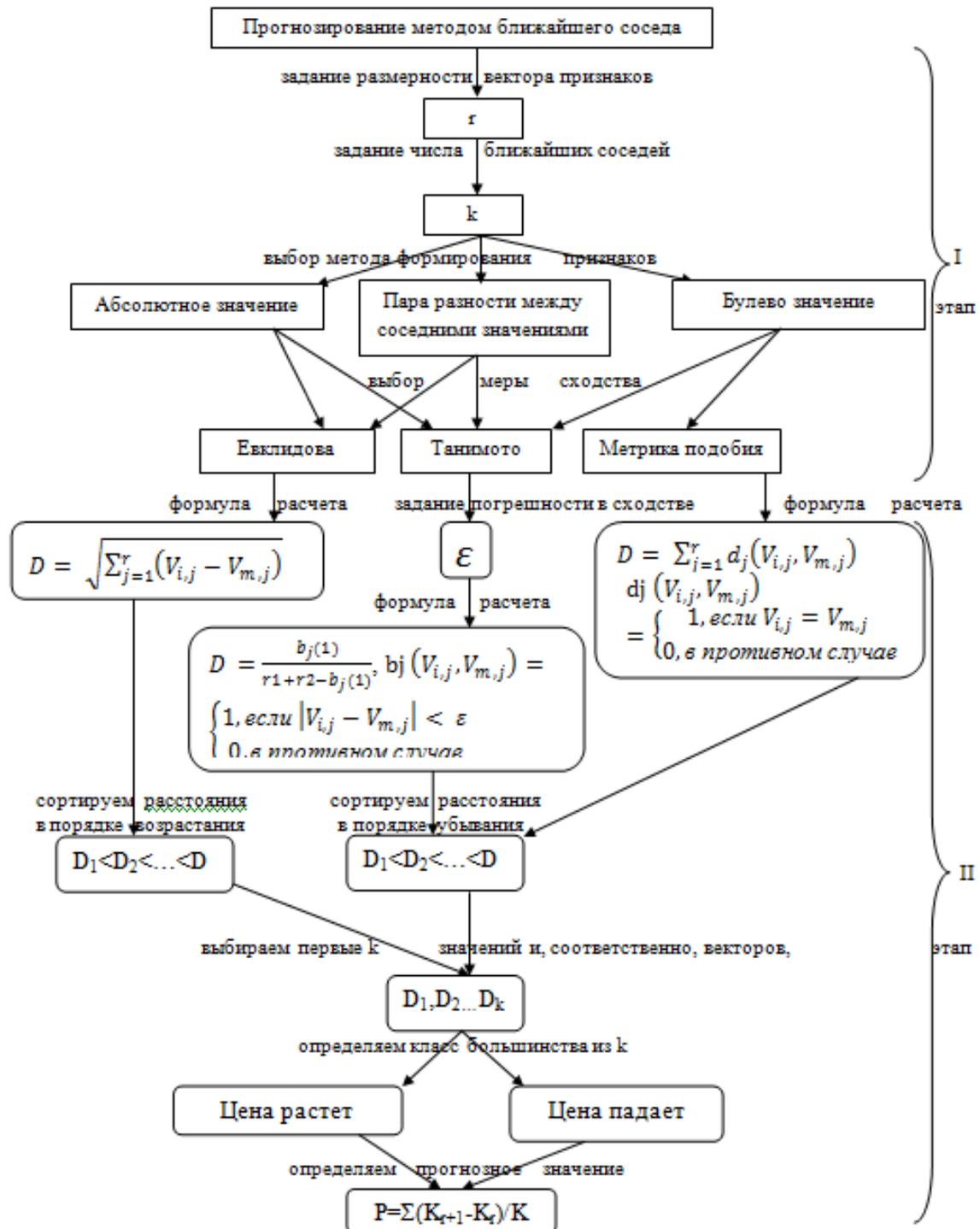


Рис. 6. Схема алгоритма метода ближайшего соседа

### 3. Рассмотрим третий этап: Фиксирование параметров

Для того чтобы проводить тестирование метода ближайших соседей необходимо было зафиксировать параметры, задаваемые вручную. То есть необходимо определение параметров, при которых прогноз валютных котировок дает наиболее точные результаты. Фиксирование параметров происходило по результатам исследования.

Далее после установления параметров, проводим тестирование метода.

Тестирование выполнялось на выборке с 1 мая 2012 года по 14 мая 2013г, значения параметров фиксированы. Было проведено 70 тестов.

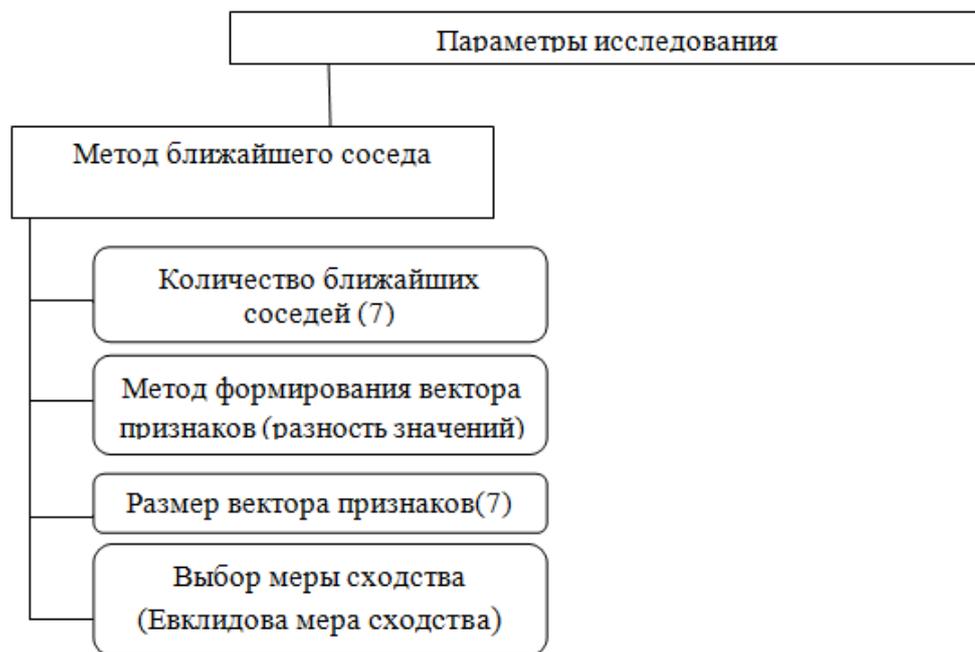


Рис. 7. Фиксированные параметры

#### 4. Рассмотрим четвертый этап: графическое представление

Входные данные: размерность вектора = 4, количество ближайших соседей = 1, метод формирования признаков – разность значений, Евклидова мера сходства.

Выходные данные: класс Цена увеличится, значение 1,320

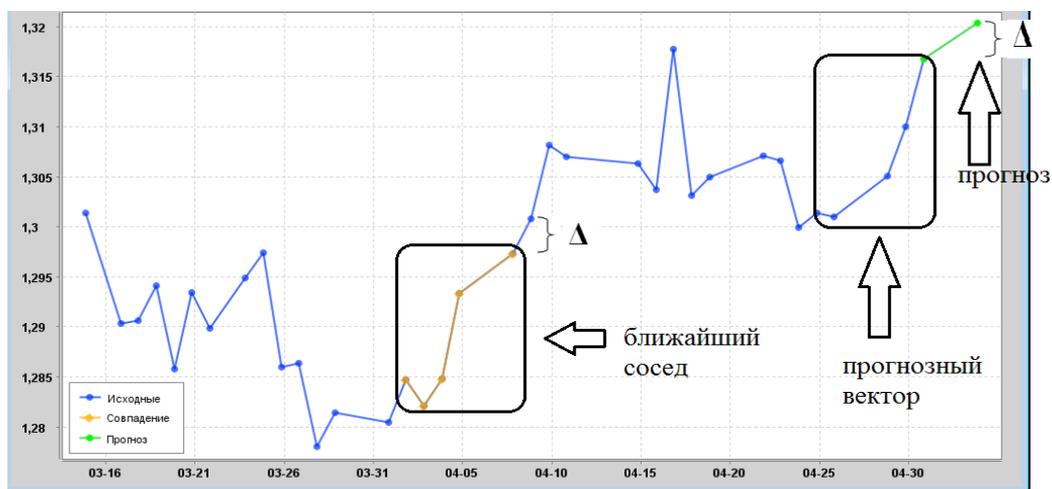


Рис. 8. Графическое представление алгоритма

#### Результаты исследования

Метод ближайшего соседа на установленных параметрах показал 73% правильного прогноза по росту и падению курса валют, что является хорошим результатом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.ccas.ru/voron/download/MetricAlgs.pdf> - Воронцов К. В. Лекции по метрическим алгоритмам классификации

### ОБ АВТОРАХ



**Сабангулова** Лилия Басировна, магистрант первого года обучения ПИ кафедры АСУ УГАТУ, дипл. инж. по вычислительным машинам, комплексам, системам и сетям (УГАТУ, 2013). Исследования в области интеллектуальных систем.

e-mail: [sabangulova.lilia.vm34@mail.ru](mailto:sabangulova.lilia.vm34@mail.ru)



**Хайруллина** Айгуль Ахтямовна, магистрант первого года обучения ФИФ-103м кафедры ФДОиЭБ УГАТУ, дипл. математика-программиста, дипл. экономиста (УГАТУ, 2013).

e-mail: [aygul.khayrullina@mail.ru](mailto:aygul.khayrullina@mail.ru)

### ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НИЛ САПР-Д УГАТУ

**Информационная поддержка проектирования, доводки и эксплуатации газотурбинных двигателей и установок (для ГПА и ЭУ) на основе ИПИ/CALS и ИЛП-технологий**

**Параметрическая диагностика технического состояния АД и ГТУ**

**Моделирование двигателей и ЭУ, их узлов, рабочих процессов в них**

**Управление и автоматизация испытаний ГТД и ГТУ**

**Интегрированная логистическая поддержка (ИЛП) технической эксплуатации АД и газотурбинных приводов (ГТП) газоперекачивающих агрегатов (ГПА) и энергоустановок**

Адрес: 450000, Уфа, ул.К.Маркса, 12, корпус 2, к.603а  
научный руководитель: Кривошеев Игорь Александрович (4732)10435  
E-mail: Krivsh@mail.surgut.ac.ru

### Методы и средства проектирования компрессоров авиационных ГТД

**Система COMPRESSOR**

**Центробежный компрессор**

- Расчет по среднему
- Расчет по высоте
- Проточная часть
- Треугольники скоростей

**Осевой компрессор**

- Расчет по среднему
- Расчет по высоте
- Проточная часть
- Треугольники скоростей
- Профили

**Система COMPRESSOR\_2D**

Интеграция с 3D CFD

Расчет характеристики (2D)

Расчет распределения параметров по радиусу (2D)

**Система COMPRESSOR\_S**

Получение границы устойчивой работы (1D)

Расчет характеристики (1D)

Интеграция с математической моделью двигателя (0D)

450000, г.Уфа, К. Маркса, 12, корпус 2, комната 505  
Науч. рук. Кривошеев Игорь Александрович  
Михайлова Александра Борисовна  
e-mail: mikhailova.ugatu@gmail.com



# «Точка отрыва - Уфа»

- Радиоуправляемые модели самолётов, вертолёт, авто
- Вело-трофи
- Фристайл
- Прыжки с парашютом

## Фестиваль технических видов спорта

## .Точка отрыва



Фестиваль  
технических  
видов спорта



[www.takeOFFpoint.ru](http://www.takeOFFpoint.ru)  
[www.vk.com/clubtakeOFFpoint](http://www.vk.com/clubtakeOFFpoint)



# **Молодежный Вестник УГАТУ**

Ежемесячный научный журнал

№ 2 (11) / 2014

Материалы публикуются в авторской редакции.

Подписано в печать 14.05.2014. Формат 1/8  
Бумага офсетная. Печать плоская. ГарнитураTimesNewRoman.  
Усл. печ. л.20,8. Уч.-изд. л 20,7.  
Тираж 100 экз.

Отпечатано в Редакционно-издательском комплексе УГАТУ  
450000, Уфа, ул.К.Маркса, 12.