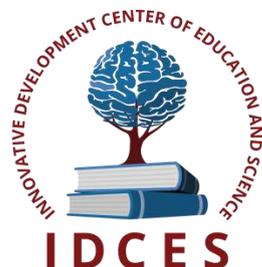


**ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**  
**INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE**



**Технические науки: тенденции, перспективы  
и технологии развития**

**Выпуск IV**

**Сборник научных трудов по итогам  
международной научно-практической конференции  
(11 октября 2017 г.)**

**г. Волгоград**

**2017 г.**

УДК 62(06)  
ББК 30я43

**Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития.** / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 4. г. Волгоград, 2017. 64 с.

**Редакционная коллегия:**

доктор технических наук, профессор Аракелян Э.К. (г. Москва), кандидат технических наук Белоусов М.В. (г. Екатеринбург), доктор физико-математических наук, профессор Будагян И.Ф. (г. Москва), доктор технических наук Бунаков П.Ю. (г. Коломна), кандидат технических наук Валеев А.Р. (г.Уфа), доктор технических наук, профессор Высоцкий Л. И. (г. Саратов), профессор, академик МАНЭБ, заслуженный ветеран СО РАН Галкин А. Ф. (г.Санкт-Петербург), кандидат технических наук, доцент Горюнова В.В. (г. Пенза), кандидат педагогических наук Давлеткиреева Л.З. (г. Магнитогорск), доцент доктор технических наук, профессор Дадашев М.Н. (г. Москва), доктор технических наук, профессор Денисов В.Н. (г. Санкт-Петербург), кандидат технических наук Егоров А. Б. (г. Харьков), доктор технических наук, профессор Жуманиязов М.Ж. (Узбекистан, г. Ургенч), доктор технических наук, профессор, заслуженный мелиоратор РФ Заднепровский Р.П. (г. Волгоград), кандидат технических наук Иванов В.И. (г.Москва), кандидат технических наук Ключева И.В. (г. Новосибирск), кандидат технических наук, доцент Корниенко В.Т. (г. Ростов-на-Дону), кандидат технических наук, профессор Куберский С.В. (Украина, г. Алчевск), доктор технических наук, доцент Курганова Ю. А. (г. Москва), кандидат физико-математических наук Лапушкин Г.И. (г. Москва), кандидат технических наук Мостовой А.С. (г. Энгельс), доктор технических наук, профессор Мухуров Н.И. (Белоруссия, г. Минск), кандидат технических наук, доцент Никулин В.В. (г.Саранск), кандидат технических наук, профессор Охрименко О.В. (г. Вологда-Молочное), доктор технических наук, профессор Пачурин Г. В. (г. Нижний Новгород), кандидат технических наук Полонский Я.А. (г. Волгоград), кандидат технических наук Решетняк С. Н. (г. Москва), инженер, аспирант Рычков Е.Н. (Франция, г.Пуатье), доктор химических наук Хентов В.Я. (г. Новочеркасск).

В сборнике научных трудов по итогам IV Международной научно-практической конференции **«Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития», г. Волгоград**, представлены научные статьи, тезисы, сообщения студентов, аспирантов, соискателей учёных степеней, научных сотрудников, докторантов, специалистов практического звена Российской Федерации, а также коллег из стран ближнего и дальнего зарубежья.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных, не подлежащих открытой публикации. Мнение редакционной коллегии может не совпадать с мнением авторов. Материалы размещены в сборнике в авторской правке.

Сборник включен в национальную информационно-аналитическую систему "Российский индекс научного цитирования" (РИНЦ).

© ИЦРОН, 2017г.  
© Коллектив авторов

## Оглавление

<b>СЕКЦИЯ №1. ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)</b> .....	6
<b>СЕКЦИЯ №2. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)</b> .....	6
КЛЮЧЕВЫЕ ВОПРОСЫ АНАЛИЗА КАЛЕНДАРНОГО ВРЕМЕНИ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН Власенко А.В., Жданов А.А. ....	6
СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ И РЕЖИМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА Куфтинова Н.Г. ....	9
<b>СЕКЦИЯ №3. ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)</b> .....	12
<b>СЕКЦИЯ №4. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)</b> .....	12
<b>СЕКЦИЯ №5. ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)</b> .....	12
ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОФАКЕЛЬНОГО ГОРЕНИЯ СИСТЕМЫ ДИФФУЗИОННЫХ СТРУЙ Носков Д.А., Гурьянов А.И. ....	12
ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЕ ПРИВОДЫ ГЦН КАК СРЕДСТВО АДАПТАЦИИ ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС С ВВЭР К ТРЕБОВАНИЯМ ЭНЕРГОСИСТЕМ* <sup>1</sup> Хрусталева В.А., <sup>2</sup> Гариевский М.В. ....	16
<b>СЕКЦИЯ №6. ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)</b> .....	20
МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН Аглиуллин А.Х., Каюмов Э.Ф. ....	20
СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРОБЛЕМЫ В БУРЕНИИ Гаймалетдинова Г.Л., Логинова М.Е. ....	22
<b>СЕКЦИЯ №7. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)</b> .....	26
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОФАЗНОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКОГО КОМПОЗИТА С SiC-МАТРИЦЕЙ Кулик В.И., Нилов А.С. ....	26
<b>СЕКЦИЯ №8. ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00)</b> .....	29
THE PECULIARITIES OF THE DEVELOPMENT OF HSR IN RUSSIA Куртикова А.Р., Куртикова Э.Р. ....	29

**СЕКЦИЯ №9.****АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ****(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10)..... 30**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА НЕАДИАБАТНОЙ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ  
В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ ТЕЧЕНИЯ

Веретенников С.В., Новикова К.С. .... 30

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ИМИТАЦИИ АТМОСФЕРНОГО ДОЖДЯ ДЛЯ  
СЕРТИФИКАЦИИ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Гурьянов А. И., Калинина К. Л., Гурьянова М. М. .... 35

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИКИ ОТРЫВНОГО  
ДИФфуЗОРА КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГТД В УСЛОВИЯХ ВХОДНОЙ  
НЕСИММЕТРИНОСТИ ЭПЮРЫ СКОРОСТИ

Гурьянова М.М., Тимофеева К.Р. .... 38

**СЕКЦИЯ №10.****СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00) ..... 42**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ

Тупицын А.В., Багаев В.Н. .... 42

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНОВОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ И НАГРУЗКИ  
НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНУЮ МОДЕЛЬ МЕТОДОМ ПЛАНИРОВАНИЯ  
ЭКСПЕРИМЕНТА

Тупицын А.В., Бобров А.С. .... 45

**СЕКЦИЯ №11.****ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ****(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)..... 48****СЕКЦИЯ №12.****ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ****(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)..... 48**

РАЗРАБОТКА ТВОРОЖНОГО ПРОДУКТА С ДОБАВЛЕНИЕМ ЗЕЛЁНОГО ЛУКА

Ренёва Ю.А., Михалёва Е.В. .... 48

**СЕКЦИЯ №13.****ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ****(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)..... 50****СЕКЦИЯ №14.****ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА****(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00) ..... 50**

АВТОМАТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Чупин Д.П. .... 50

**СЕКЦИЯ №15.****ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)..... 53****СЕКЦИЯ №16.****БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ  
БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ****(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00)..... 54**

<b>СЕКЦИЯ №17.</b>	
<b>ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)</b> .....	54
<b>СЕКЦИЯ №18.</b>	
<b>ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)</b> .....	54
ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФАКТОРЫ ВЫБОРА СИСТЕМЫ КОЛЛЕКТИВНОЙ РАБОТЫ Толкачева С.А. ....	54
<b>СЕКЦИЯ №19.</b>	
<b>НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)</b> .....	56
<b>СЕКЦИЯ №20.</b>	
<b>ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)</b> .....	56
ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА STATISTICA И MS EXCEL ДЛЯ ОБРАБОТКИ БИОМЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИИ Тишакова К. Д., Корсунова Е. С. ....	56
<b>СЕКЦИЯ №21.</b>	
<b>МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08)</b> .....	59
ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЕМ СИСТЕМ ТИПА “СУДНО” Артюшина Т.Г. ....	59
<b>ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2017 ГОД</b> .....	62

## СЕКЦИЯ №1.

### ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)

## СЕКЦИЯ №2.

### ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)

#### КЛЮЧЕВЫЕ ВОПРОСЫ АНАЛИЗА КАЛЕНДАРНОГО ВРЕМЕНИ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН

Власенко А.В., Жданов А.А.

ФГБОУ ВО «КубГТУ», Россия, г. Краснодар

В процессе бурения осуществляется постоянное углубление скважины. Под началом бурения скважины понимается момент первой сборки бурильной колонны для углубления скважины, в свою очередь, окончание бурения – момент окончания выброса бурильных труб на мостки после промывки скважины и испытания колонны на герметичность.

Для определения продолжительности наиболее трудоемкого этапа – бурения скважины составляется баланс календарного времени, который включает в себя следующие элементы [4]:

1. Производительное время бурения  $T_{пв}$  рассчитывается следующим образом:

$$T_{пв} = t_m + t_{сно} + t_{пвр} + t_{кр}, \quad (1)$$

где  $t_m$  – время на проходку (механическое бурение);

$t_{сно}$  – время на спускоподъемные работы;

$t_{пвр}$  – время на подготовительно-вспомогательные работы (смена долота, приготовление раствора и т.д.);

$t_{кр}$  – время на крепление скважины (спуск обсадной колонны и ее цементирование).

Работы по проходке включают время работы долот по углублению основного ствола скважины, в т. ч. расширку ствола скважины в процессе углубления.

Работы по проведению СПО включают время спуска, подъема и наращивания бурильного инструмента в процессе нормального хода бурения, в том числе время спуска и подъема керноотборочного снаряда, долив скважины.

Вспомогательные работы при бурении скважины включают:

1) все виды промыслово-геофизических работ и измерение кривизны скважины, проводимые в процессе бурения;

2) ориентирование инструмента при бурении наклонно-направленных скважин;

3) подготовительно-заключительные работы к смене, сборке и разборке бурового инструмента;

4) смена (сборка и разборка) бурового инструмента, долота, его опрессовка и дефектоскопия;

5) смена, опробование забойных двигателей, выброс бурильных труб на мостки;

6) смена и перетяжка талевых канатов, переоснастка талевой системы, смена тормозных колодок, машинных ключей;

7) приготовление, смена бурового раствора (в пределах нормативного времени);

8) оборудование устья скважины противовыбросовым оборудованием и проверка его в процессе бурения;

9) промывка и проработка скважины в процессе бурения;

10) химическая обработка и утяжеление/облегчение бурового раствора (в пределах нормативного времени);

11) расширка ствола скважины после отбора керна;

12) спускоподъемные операции при проработке и расширении ствола, связанные с выполнением в скважине исследований и вспомогательных работ, предусмотренных техническим проектом;

13) подготовительно-заключительные работы перед и после спуска и подъема инструмента и др.

Время вспомогательных работ – это время, затраченное на вспомогательные работы только в процессе нормального хода бурения, без простоев и ремонтных работ, имевших место в период проведения вспомогательных работ.

Работы по креплению ствола скважины включают:

- 1) проработку, промывку, обработку раствора, шаблонирование ствола скважины перед спуском обсадных колонн, выброску бурильного инструмента на мостки;
- 2) подготовительные работы перед спуском обсадных колонн (укладка, замер, опрессовка, шаблонирование труб, подготовка бурового оборудования и др.);
- 3) спуск колонны обсадных труб и «обварка» резьбовых соединений;
- 4) подготовительные работы к цементированию колонны, обработку цементного раствора химреагентами, цементирование, ожидание затвердения цемента, заключительные работы после цементирования;
- 5) подготовительные работы для разбуривания цементного стакана в колонне и разбуривание цементного стакана, опрессовку цементного кольца;
- 6) все работы, связанные с оборудованием устья эксплуатационных и промежуточных колонн (кроме установки противовыбросового оборудования);
- 7) подготовительные работы к опрессовке колонны на герметичность и испытание колонны на герметичность;
- 8) в случае спуска хвостовика: его подвеску и герметизацию головы хвостовика, свинчивание и отвинчивание левого переводника, спуск - подъем бурильных труб, разборку и выброс левого переводника и др.

Время крепления скважины включает в т. ч. время, затраченное на все виды основных и вспомогательных работ, связанных с креплением скважин.

2. Непроизводительное время  $T_{нпв}$  рассчитывается следующим образом:

$$T_{нпв} = t_{аиб} + t_{осл} + t_{нпр} + t_{пр} + t_{рем}, \quad (2)$$

где  $t_{аиб}$  – время на ликвидацию аварий, инцидентов и брака;

$t_{осл}$  – время на ликвидацию осложнений в стволе скважины по геологическим причинам;

$t_{нпр}$  – потери времени из-за повторных непроизводительных работ по технологическим, организационным и техническим причинам;

$t_{пр,рем}$  – потери времени из-за простоев;

$t_{рем}$  – время на ремонтные работы (проведение профилактики оборудования, устранение неисправностей, возникающих в период бурения и крепления скважины).

Непроизводительным называется время, связанное с отказами в работе оборудования, нарушением технологии, организации производственного процесса и режима работы персонала, а также внешними факторами. Выделяют следующие виды НПВ:

- 1) авария – разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ;
- 2) инцидент – отказ или повреждение технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, отклонение от установленного технологического процесса;
- 3) брак – получение результата, отличающегося от предусмотренного проектной документацией на строительство скважины вследствие её нарушения и требующего дополнительных исправительных работ;
- 4) осложнение при строительстве скважины – отклонение от нормального процесса бурения скважины, вызванное нарушением состояния скважины и бурового инструмента по причинам геологического или технологического характера, не предусмотренных проектом и требующих иных дополнительных работ;
- 5) непроизводительные повторные работы (НПР) – время, затраченное на выполнение технологических операций, не имеющих практического значения в процессе нормального хода бурения;
- 6) ремонтное время – время, затраченное на все виды ремонтных работ, как в процессе нормального хода бурения, так и в процессе ликвидации другого НПВ;
- 7) простой – временная приостановка процесса строительства скважины вследствие недостатков в организации производства (ожидание оборудования, материалов, спецтехники) и по другим причинам (метеословия, бездорожье и т.д.).

Баланс календарного времени и его отдельные элементы служат основой определения различных скоростей бурения, определяющих темпы строительства скважины [1, 5].

Техническая скорость бурения определяется объемом бурения, пробуренным одной бригадой (буровой установкой) за месяц с учетом времени, затраченного на чистое бурение, СПО и вспомогательные операции, крепление и цементирование, все виды скважинных исследований, планово-предупредительные ремонты и т. д. Показатель технической скорости используется для сравнительной оценки эффективности новой техники, различных способов бурения. Техническая скорость бурения рассчитывается следующим образом:

$$V_T = \frac{H_n \cdot 30}{T_{пв}}, \quad (3)$$

где  $H_n$  – проходка за время  $T_{пв}$ .

Коммерческая скорость  $V_k$  бурения определяется проходкой за 1 месяц работы буровой установки с учетом всех видов работ и простоев. Коммерческая скорость отличается от технической тем, что она учитывает все затраты времени, включая непроизводительные, рассчитывается следующим образом:

$$V_k = \frac{H_n \cdot 30}{T_{пв} + T_{нпв}}, \quad (4)$$

На величину коммерческой скорости влияют факторы технико-технологического и организационного характера. Повышение  $V_k$  требует сокращения и ликвидации непроизводительного времени, уменьшения абсолютных затрат производительного времени путем ускорения проведения операций. Это может быть достигнуто посредством совершенствования буровой техники и технологии, механизации трудоемких операций, улучшения организации производства.

Коммерческая скорость бурения является обобщающим показателем, характеризующим эффективность всего процесса буровых работ. Этот показатель широко используют в практике планирования, анализа и финансирования работ на буровых предприятиях.

Коммерческую скорость бурения планируют с учетом внедрения достижений научно-технического прогресса, достигнутых темпов изменения затрат времени на бурение скважин, предстоящих изменений в условиях производства и размещения буровых работ.

Цикловая скорость строительства скважины определяется проходкой за время всего цикла сооружения скважины. Цикловая скорость используется при планировании геологоразведочных работ, а ее сравнение с коммерческой, показывает долю затрат времени на подготовительные, строительные-монтажные и работы по испытанию/освоению скважин.

Цикловая скорость характеризует технический и организационный уровни буровых работ, отражает эффективность совместного действия бригад, участвующих в цикле сооружения скважины (выш-комонтажных, буровых и бригад по испытанию скважин).

Среди факторов, влияющих на показатель коммерческой скорости бурения, можно выделить: глубину залегания продуктивных горизонтов, тип скважины (поисковая, разведочная, эксплуатационная и др.), крепость разбуриваемых пород, наличие зон несовместимых условий бурения и общий уровень организации работ, выражающийся в количестве допустимого непроизводительного времени. Климатические условия, рельеф местности, степень разбросанности производственных объектов, удаленность их от баз снабжения также влияют на скорости бурения.

В настоящее время для изучения свойств сложных систем, в том числе и при экспериментальных исследованиях, широко используется подход, основанный на анализе сигналов, произведенных системой. Это особенно актуально в тех случаях, когда математически описать изучаемый процесс практически невозможно, но в нашем распоряжении имеется некоторая характерная наблюдаемая величина. Поэтому анализ систем, особенно при экспериментальных исследованиях, часто реализуется посредством обработки регистрируемых сигналов.

В практику нефтегазодобывающих компаний широко внедряются информационные технологии, математическое и компьютерное моделирование, что позволяет на высоком уровне производить диагностику всего комплекса оборудования для бурения, замеры параметров и расчеты характеристик скважины непосредственно в процессе бурения [2, 3].

Современные компьютерные системы дают возможность сбора большого объема данных технологических параметров бурения. На буровых используются автоматические станции, которые снимают показания датчиков в реальном времени, производят обработку замеров и передачу обработанных данных. Программные модули производят непрерывный контроль и управление полным технологическим циклом строительства скважины.

В то же время на результаты измерений, проводимых в процессе бурения, влияют различные случайные воздействия, которые изменяют реальную картину работы оборудования в процессе измерений. В результате существенно осложняется прогнозирование коммерческой скорости бурения скважин.

Проблема определения необходимых и достаточных параметров для оценки состояния скважины и процесса бурения оказывает влияние на возможность достоверного прогноза различных характеристик, в том числе, скорости и сроков бурения.

В связи с этим, показатели бурения следует рассматривать как случайные отклонения, а процессы – как случайные функции, при этом, первичная обработка опытных данных, полученных в процессе бурения должна базироваться на вероятностных представлениях.

### Список литературы

1. Булатов А.И. Контроль процессов бурения нефтяных и газовых скважин / А.И. Булатов, В.И. Демихов, П.П. Макаренко. – М.: ОАО Издательство «Недра», 1998. – 345 с.
2. Власенко А.В. Некоторые аспекты прогнозирования скорости бурения нефтяных и газовых скважин / Власенко А.В., Жданов А.А. // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2017. – № 5-4 (25). – С. 36-40.
3. Власенко А.В. Особенности прогнозирования скорости бурения нефтяных и газовых скважин / Власенко А.В., Жданов А.А. // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». № 3, 2017 год.
4. Об утверждении инструкции по заполнению формы федерального государственного статистического наблюдения за строительством скважин на нефть и газ. URL: <http://lawru.info/dok/1999/06/11/n407497.htm> (дата обращения 23.09.2017).
5. Общие сведения о бурении скважин и оборудовании, применяемом для осуществления этого процесса. URL: <http://www.scriu.com/7/25/83413513111.php> (дата обращения 20.09.2017).

## СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ И РЕЖИМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

**Куфтинова Н.Г.**

ФГБОУ ВО «МАДИ», РФ, г. Москва

Реализация любых мероприятий в области совершенствования эффективности функционирования дорожно-транспортного комплекса городов невозможна без создания эффективно функционирующей системы. Для создания качественных инструментов выработки управленческих решений по формированию эффективной, безопасной и устойчивой транспортной системы города необходимо решить три задачи:

- создать модель транспортного спроса;
- создать модель транспортного предложения;
- разработать систему мониторинга состояния и условий движения улично-дорожной сети.

Оценка состояния и условий движения на улично-дорожной сети – необходимый этап при создании системы моделирования и прогнозирования транспортных потоков, параметров транспортной безопасности.

Система мониторинга состояния и условий движения на улично-дорожной сети города включает себя:

- анализ количественного состава и технического состояния парка АТС города;
- анализ режимов работы улично-дорожной сети города с использованием современных геоинформационных систем.

Анализ режимов работы улично-дорожной сети города проводится отдельно по четырем группам перегонов города:

- 1) участки УДС городского центра (зона А);
- 2) участки УДС в центральных районах города, прилегающих к городскому центру (зона В)
- 3) участки УДС в удаленных районах (зона С);
- 4) участки УДС на въездах и выездах из города.

При этом исследуется суточная интенсивность транспортных потоков, недельные и сезонные колебания интенсивности, структура и скоростные параметры транспортных потоков.

Существует несколько подходов к решению задач по построению систем мониторинга состояния и режимов функционирования дорожно-транспортного комплекса:

- оптимизация объемов дорожного движения путем рационального землепользования и размещения объектов массового посещения со специализацией улиц и дорог по функциональному назначению;
- сбалансированное использование общественного транспорта противояс личному транспорту;
- совершенствование методов управления дорожным движением;
- перераспределение объемов дорожного движения при помощи фискальных и административных механизмов;
- повышение транспортной культуры населения и стимулирования развития немоторизированных видов передвижения;
- проведения анализа использования территории с точки зрения ее потенциала и возможностей в удовлетворении транспортных возможностей населения.

Все работы по сбору информации о параметрах транспортного планирования (ТП) необходимо проводить с учетом динамически меняющейся ситуации на УДС города. Способы получения данных и список поставщиков получения информации по каждому показателю представлены в таблице 1.

Для каждого показателя разработана структура БД хранения информации и способы ее отображения на электронном плане города средствами ГИС и программного модуля «Транспортные потоки».

Таблица 1. Периодичность проведения работ по мониторингу транспортных потоков, способ получения данных и список поставщиков информации

Показатель	Единица измерения	Метод сбора информации	Место сбора информации	Периодичность	Поставщик информации
Интенсивность движения (суточные колебания)	Авт./мин.	Исследования с помощью датчиков пассажиропотока	280 узловых точек УДС города	1 раз в 3 года	Определяется на конкурсе среди организаций дорожной отрасли
Интенсивность движения (недельные колебания)	Авт./мин.	Исследования с помощью датчиков пассажиропотока	6 узловых точек УДС города	1 раз в год	
Интенсивность движения (суточные колебания)	Авт./мин.	Исследования с помощью датчиков пассажиропотока	6 узловых точек УДС города	Ежегодно	
Суточная интенсивность структурированного транспортного потока (ЛК, ГР автом.)	Авт./мин.	Исследования с помощью датчиков пассажиропотока	280 узловых точек УДС города	1 раз в 3 года	
Суточная интенсивность движения общественного транспорта	Ед./мин.	Отчетно-статистические данные	Маршруты движения	Ежегодно	Министерство транспорта Департамент дорог и транспорта города
Схема	-	Исследования с	Узлы и	Ежегодно	Дирекция

организации движения в узле (разрешенные направления движения)		помощью датчиков пассажиропотока и отчетно-статистических данных	перекрестки на УДС города		дорожного движения города
Схема организации движения на перегоне (одностороннее движение, ограничение скоростного режима, стоянки и т.п.)	-	Отчетно-статистические данные	На перегонах	Ежегодно	Дирекция дорожного движения города
Схема расстановки светофоров Тип светофора	-	Отчетно-статистические данные	Узлы и регулируемые перекрестки на УДС города		
Циклы и фазы светофорного регулирования	С	Отчетно-статистические данные	Узлы и регулируемые перекрестки на УДС города		
Средняя скорость транспортного потока (суточные колебания)	Км/ч	Аэрофотосъемка, передвижные лаборатории	На перегонах	1 раз в год	Определяется на конкурсе среди организаций дорожной отрасли
Средняя суммарная задержка транспорта	С	Передвижные лаборатории			
Количество ТС припаркованных вне мест постоянного хранения в течении дня	Ед.	Космические снимки, электронные датчики слежения	УДС города	Ежегодно	
Количество ТС одновременно передвигающихся по магистралям города	Ед.	Космические снимки, электронные датчики слежения			

Таким образом, развитие нормативной базы и стандартов является необходимой предпосылкой развития городского, регионального и национального транспортного планирования на основе моделей в России.

### Список литературы

1. Куфтинова Н.Г., Боровков А.О. Анализ транспортных потоков с помощью программных средств имитационного моделирования // XVII Международная научно-практическая конференция молодых ученых «Теория и практика применения информационных технологий в промышленности, строительстве и на транспорте» // Автоматизация и управление в технических системах. – 2017. – № 2. URL: [auts.esrae.ru/23-460](https://auts.esrae.ru/23-460)

2. Куфтинова Н.Г. Технология динамической пакетизации автоматизированного диспетчерского управления городским пассажирским транспортом // Организация и безопасность дорожного движения: Материалы X международной научно-практической конференции, 16 марта 2017 г. В 2 т. / отв. редактор Д. А. Захаров. – Тюмень: ТИУ, 2017. Т. 1.– 494 с
3. Якубович А.Н., Куфтинова Н.Г., Рогова О.Б., Информационные технологии на автотранспорте учебное пособие Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ) (Москва), 2017 г., 252с. ISBN: 978-5-7962-0214-2

### **СЕКЦИЯ №3. ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)**

### **СЕКЦИЯ №4. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)**

### **СЕКЦИЯ №5. ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)**

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОФАКЕЛЬНОГО ГОРЕНИЯ СИСТЕМЫ ДИФФУЗИОННЫХ СТРУЙ**

**Носков Д.А., Гурьянов А.И.**

РГАТУ им. П.А. Соловьева, г. Рыбинск

Современная тенденция развития газотурбинных двигателей неизбежно ведёт к повышению параметров газа перед турбиной – температуры газа, и степени повышения давления  $\pi_k$  [1]. Формирование отмеченных параметров сопровождается повышением энергетической эффективности газотурбинного цикла. Наилучший эффект достигается, когда управление реакцией горения скоррелировано с параметрами двигателя [2]. Это неоднократно подчеркивалось в работах [3,4].

Одним из перспективных направлений повышения эффективности горелочного модуля, форсирования температуры газа и степени повышения давления  $\pi_k$  в цикле ГТД является применение микрофакельной схемы сгорания топлива.

Целью численного и экспериментального исследования является изучение коллективных эффектов взаимодействия диффузионных струй. Они находят применение при проектировании низкоэмиссионных КС, однако являются малоизученными, что обуславливает актуальность их исследования и определяет цель работы.

Численное моделирование производилось в 2D стационарной постановке. Для расчёта была спроектирована модель горелочного устройства, позволяющая изучать коллективные эффекты для систем из  $n$  струй, где  $n=1\dots 25$ . Диаметр выходных сечений – 3мм. Выходные сопла находятся друг от друга на расстоянии в 5,34 калибра. Расчёт производился при ламинарном режиме при  $Re=1500$ . Атмосферное давление принято – 101325 Па.

На рис. 1 и 2 выведены результаты расчёта для одиночной диффузионной струи при  $Re=1500$ .

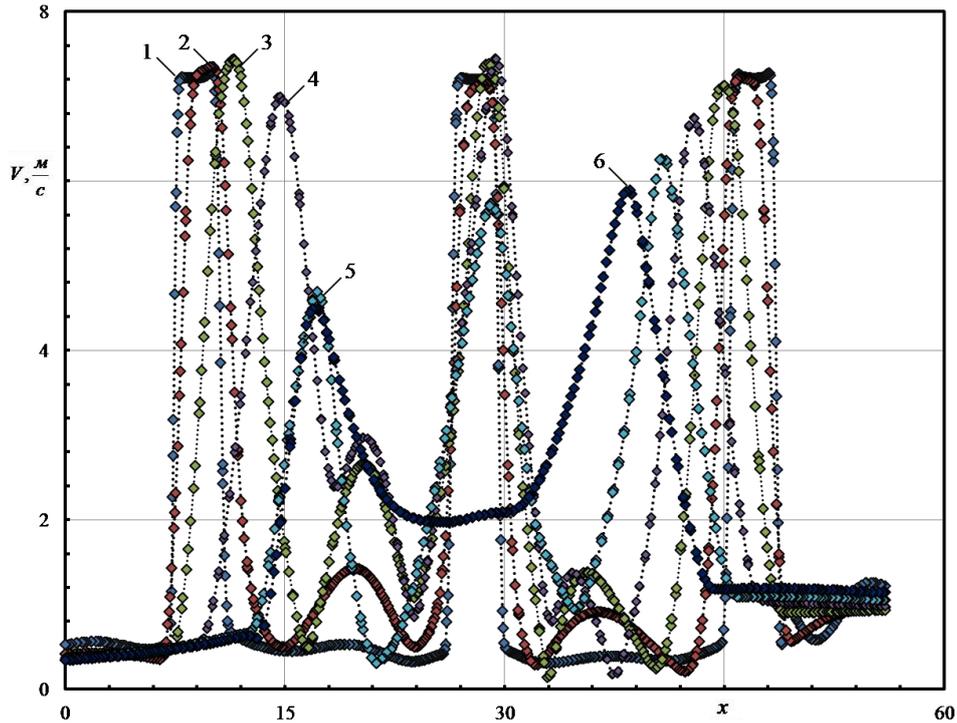


Рис.1 - Зависимость скорости истечения трёх согласованных струй при  $Re=1500$  от координаты  $x$ .  
 1 – скорость в сечении 0,33 калибра; 2 – скорость в сечении 2 калибра; 3 – скорость в сечении 3,67 калибра;  
 4 – скорость в сечении 5,34 калибра; 5 – скорость в сечении 7 калибров; 6 – скорость в сечении 8,97 калибра;

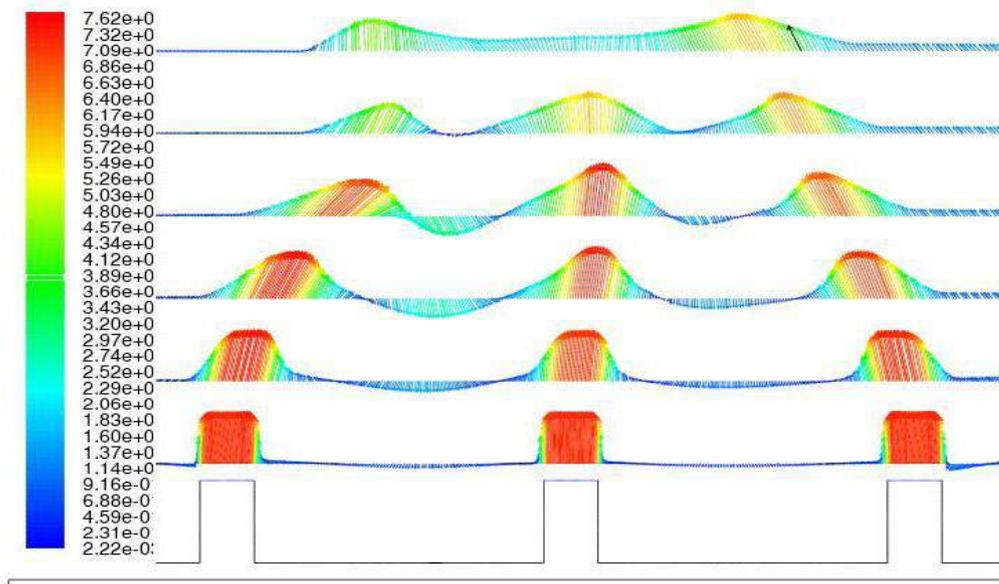


Рис.2 – Поле скоростей для трёх диффузионных струй при  $Re=1500$

Исходя из полученных расчётных данных видно, что на расстоянии в 0,33 калибра поле скоростей данной системы струй мало отличается от одиночной диффузионной струи. На расстоянии в 2 калибра начинается взаимодействие струй и появляются коллективные эффекты. На удалении от среза сопла более 3 калибров процесс горения протекает в условиях динамического взаимодействия системы диффузионных струй, его параметры определяются характером интенсивности взаимодействия струй в системе.

Результат экспериментальных исследований диффузионных микрофакельных струй, позволил получить характерные параметры для оценки влияния коллективных эффектов на характер течения

отдельных струй. По полученным величинам были построены сравнительные зависимости между системой микрофакельных струй и одиночной струей. Результаты приведены на рис. 3-4.

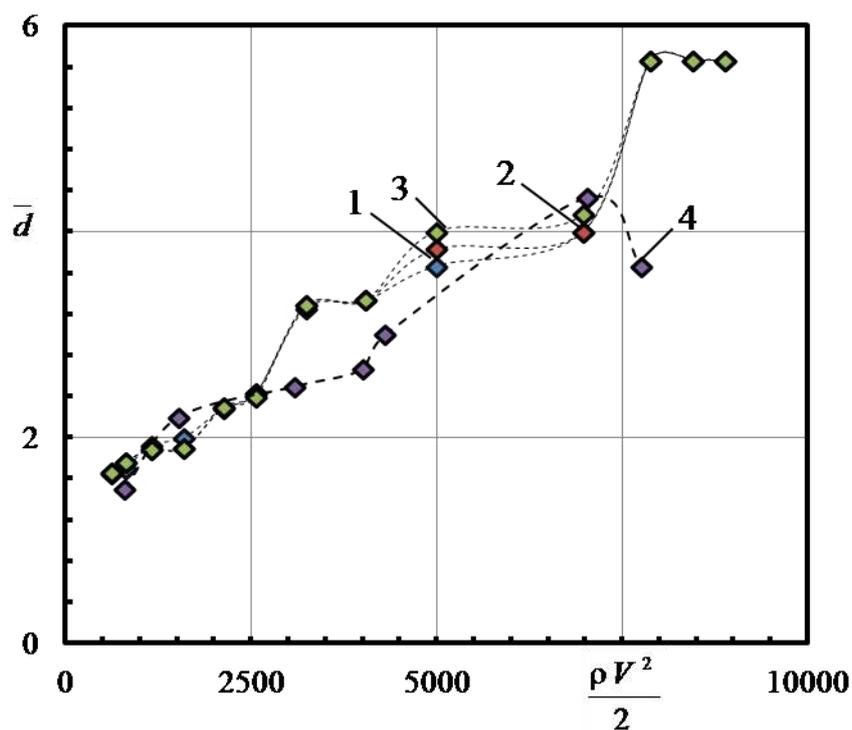


Рис. 3 - Зависимость относительного диаметра от динамического напора  
1 – центральная струя; 2 – левая струя; 3 – правая струя; 4 – одиночная струя;

Сравнение полученных результатов для одиночной струи и системы струй, показало, что величина относительного диаметра, который представляет собой отношение максимальной ширины струи к диаметру

сопла, увеличивается в диапазоне  $\left(\frac{\rho V^2}{2}\right) \in (0; 7000]$  для одиночной струи, а для системы струй в

диапазоне  $\left(\frac{\rho V^2}{2}\right) \in (0; 8500]$ . Зависимость для одиночной струи качественно практически не отличается

от  $\bar{d} = f\left(\frac{\rho V^2}{2}\right)$  для системы струй в пределах  $\left(\frac{\rho V^2}{2}\right) \in (0; 7000]$ , далее наблюдается характерный

спад перед срывом пламени. Количественные расхождения в значениях  $\bar{d}$  между отдельными тремя струями системы составляют не более чем в 2%.

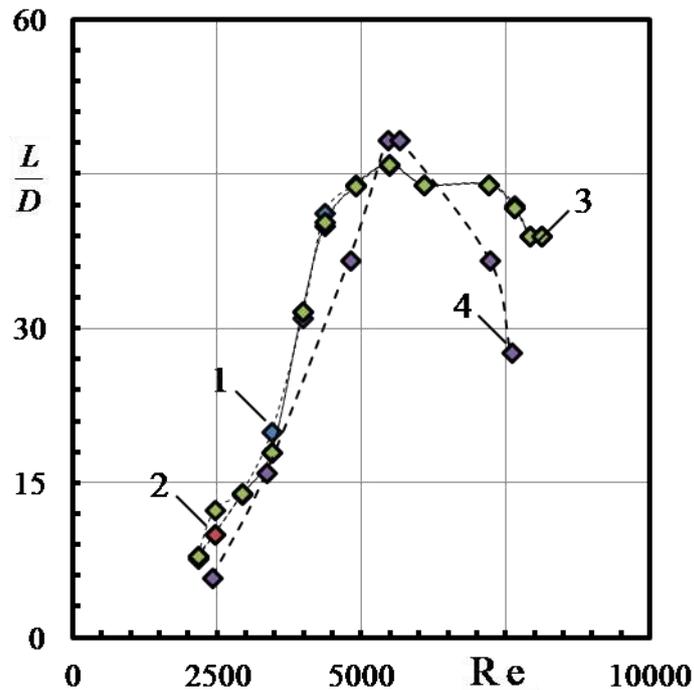


Рис.4 - Зависимость относительной длины струй от числа Re  
1 – центральная струя; 2 – левая струя; 3 – правая струя; 4 – одиночная струя;

Анализ зависимости  $\bar{l} = f(\text{Re})$  (рисунок 4) для одиночной струи и системы струй позволяет сделать вывод, что характеристика относительной длины струи от числа Re качественно близка к классической зависимости  $\bar{l} = f(\text{Re})$  для затопленной струи. Количественное значение относительной длины до  $\text{Re}=3500$  для одиночной струи и системы струй не имеет существенного расхождения (от 0 до 5%). При числах  $\text{Re} \in (3500; 5500)$  появляются значительные количественные расхождения между одиночной струей и системой струй, например, при  $\text{Re}=4600$  для одиночной струи  $\bar{l} = 30$ , а для системы струй  $\bar{l} \approx 42$  (29%). Максимум относительной длины одиночной струи, так и для коллектива струй наблюдается в переходном режиме при  $\text{Re}=5500$ . После  $\text{Re}=5500$  начинается характерный спад перед срывом пламени, для одиночной струи он является более существенным, максимальное расхождение значений относительной длины наблюдается при  $\text{Re}=7600$  (28%).

#### Список литературы

1. Гурьянов А. И. Экспериментальное и теоретическое исследование механизмов горения в ограниченном закрученном потоке / А. И. Гурьянов, Ш. А. Пиралишвили // Тепловые процессы в технике. – 2009. – Т.1-№5. – С. 170 – 177.
2. Пиралишвили Ш. А. Вихревой эффект. Эксперимент, теория, технические решения / Ш. А. Пиралишвили, В. М. Поляев, М. Н. Сергеев; под ред. Леонтьева А. И. – М.: УНПЦ «Энергомаш», 2000. – 412 с.
3. Piralishvili Sh. A. Development and investigation of a vortex burner / Sh. A. Piralishvili, A. I. Gurianov, F. Ali // Nonequilibrium Processes. Vol. 1. Combustion and Detonation. Edited by G. D. Roy, S. M. Frolov, A. M. Starik. – Moscow: Torus Press Ltd., 2005. – P. 132 – 139.
4. Gur'yanov A. I., Evdokimov O.A., Piralishvili Sh.A., Veretennikov S.V., Kirichenko R.E., Ievlev D.G. Analysis of the gas turbine engine combustion chamber conversion to associated petroleum gas and oil // Russian Aeronautics (Iz. VUZ). – New York: Allerton Press Inc., 2015. – №2. – Vol. 58. – P. 205-209.

## ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЕ ПРИВОДЫ ГЦН КАК СРЕДСТВО АДАПТАЦИИ ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС С ВВЭР К ТРЕБОВАНИЯМ ЭНЕРГОСИСТЕМ\*

<sup>1</sup>Хрусталева В.А., <sup>2</sup>Гариевский М.В.

<sup>1</sup>Саратовский ГТУ им. Ю.А. Гагарина, РФ, г. Саратов

<sup>2</sup>Саратовский научный центр РАН, РФ, г. Саратов

По мере развития атомной энергетики и увеличения доли АЭС с ВВЭР в РФ все более актуальным становится вопрос о необходимости поддержания высоких КИУМ действующих энергоблоков и обеспечения базисных значений этого показателя для вновь вводимых АЭС. Вместе с тем в ряде энергообъединений России вклад АЭС в генерацию вырос до 31,6% (Средняя Волга), 35,5% (Северо-Запад) и 38,9% (ОЭС Центра) [1]. Это говорит о необходимости адаптации действующих и проектируемых АЭС к новым возрастающим режимным требованиям. Некий «компромисс» между экономическими требованиями высоких КИУМ для АЭС и необходимостью их участия в покрытии переменной части графиков нагрузки можно предложить, возложив на них только небольшую часть регулировочного диапазона (ночные часы, выходные, праздничные дни). С другой стороны, этот диапазон может быть расширен в сторону мощностей выше номинального значения, например, до 104% (что уже достигнуто на ряде АЭС РФ) и далее до 107–110%, что запланировано в РФ и на сегодня достигнуто на ряде энергоблоков в США.

Важнейшим требованием при этом является обеспечение требуемого высокого уровня надежности и безопасности. То, что это выполнимо, показала практика успешного перелицензирования на более высокую мощность многих энергоблоков АЭС с PWR (аналог ВВЭР) в США, начатая в начале 80-х годов (рис. 1). Сегодня также есть позитивный опыт повышения мощности российских энергоблоков выше номинальной. Вместе с тем, очевидно из результатов опытно-наладочной работы, что такое повышение мощности выше 104% на действующих энергоблоках может встречать значительные трудности.

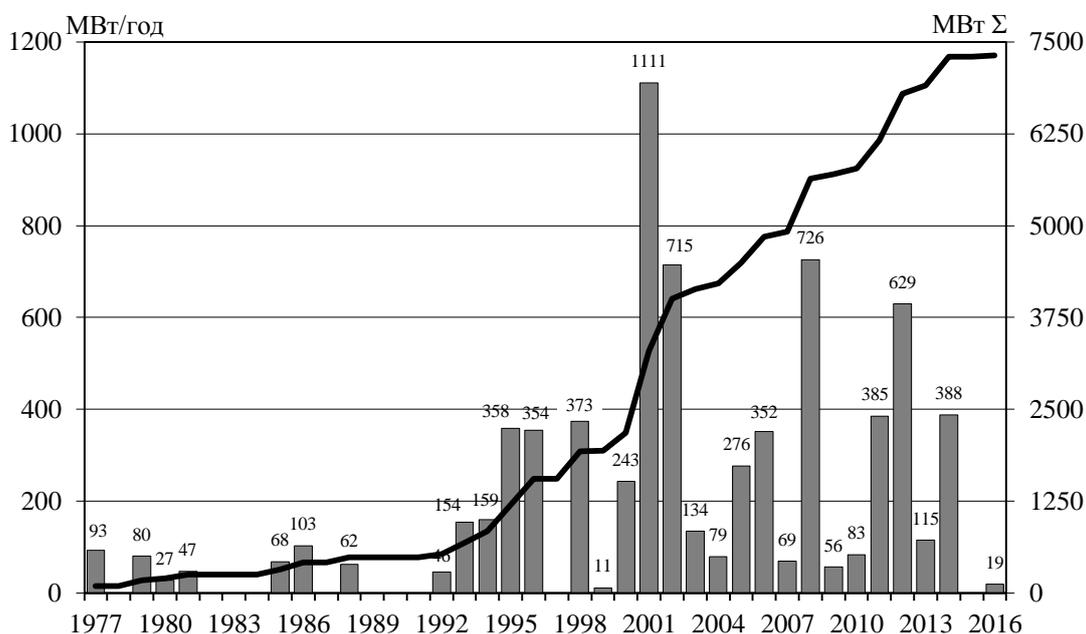


Рис. 1. Годовое и суммарное повышение мощности сверх номинальной на атомных электростанциях США в 1977–2016 годах (Источник: Nuclear Regulatory Commission)

В Саратовском государственном техническом университете и Саратовском научном центре РАН выполнены и опубликованы несколько работ, посвященных дополнительному повышению мощности реакторной установки ВВЭР в энергоблоках АЭС выше достигнутых сегодня 104%, до 108–110% [2–4]. Естественно, при этом кроме тепловой мощности РУ необходимо тщательное изучение «слабых» узлов и агрегатов в турбогенераторной и общестанционной частях, а также всех других сопутствующих проблемных вопросов.

Как показал зарубежный опыт модернизации, реконструкции энергоблоков АЭС с PWR с последующим перелицензированием и эксплуатацией, каждая новая равноценная «прибавка» к базовой проектной мощности стоит дороже предыдущей. Однако в диапазоне до 10–12% реализация сверхноминальной мощности в среднем не превышает по удельным капвложениям 20–30% от замещаемого нового строительства. Близкие значения удорожаний также были получены для уже реализованного диапазона прироста мощности 100–104% ранее сооруженных в России энергоблоков.

Таким образом, адаптацию АЭС к требованиям энергосистем, важнейшим проявлением которой является необходимый и быстрореализуемый запас в сторону роста мощности, можно обеспечить установкой частотно-регулируемых приводов главных циркуляционных насосов (ЧРП ГЦН). Установка ЧРП ГЦН целесообразна, в том числе, в перспективе для экономии расхода энергии на привод ГЦН на частичных режимах и для улучшения стабильности нейтронно-физических характеристик активной зоны в переменном-переходных режимах [6–10].

В публикации [5] отмечалась очевидная целесообразность выделения двух подзадач, решаемых путем применения частотно-регулируемого привода ГЦН. Одна из них сегодня – обеспечение повышенной экономичности работы ГЦН на режимах нагрузок ниже номинальной, прежде всего за счет снижения расхода теплоносителя. Отметим, что эта подзадача решается для всех известных процессов регулирования парогенераторов: при постоянной средней температуре теплоносителя, при постоянном давлении свежего пара в парогенераторе, при их сочетанном непрерывном изменении (компромиссный метод), при их последовательном применении, – сначала со снижением нагрузки до задаваемого уровня с ростом давления в ПГ, затем только со снижением средней температуры теплоносителя при  $p_s = \text{const}$  (комбинированный способ), а также при скользящем регулировании давления пара в ПГ. В конструкциях ПГ с естественной циркуляцией на практике последний способ труднореализуем («скользящее» давление насыщенного пара) из-за неприемлемо высоких энергетических потерь, растущих со снижением нагрузки.

Продолжительные режимы нагрузок ниже номинальных в энергоблоках АЭС крайне нежелательны по экономическим соображениям. По этой причине, а также из-за того, что мощность ГЦН может быть снижена фактически только за счет расхода теплоносителя, но не давления в I-м контуре (на выходе ГЦН), не менее интересно использование ЧРП для решения другой задачи – повышения расхода теплоносителя в сверхноминальном диапазоне с соответственным повышением значения кризиса теплообмена, т.е. для достижения большего регулировочного диапазона при стабильно высоком КИУМ. Расход теплоносителя через ГЦН поддерживается в этом случае на необходимом уровне и может обеспечивать расчетные параметры II контура с более стабильными нейтронно-физическими характеристиками активной зоне.

Несмотря на перечень встречающихся трудностей при переходе к ЧРП ГЦН на крупных энергоблоках АЭС, на которые уже ранее указывалось [5], позитивным результатом является при этом повышение приемистости и прежде всего в сторону «наброса» нагрузки.

Приёмистость – важнейшая маневренная характеристика. Это, как известно, реализуемая скорость и глубина изменения нагрузки блока при изменении задания регулятора, т.е. реальная скорость «сбросов» и «набросов» нагрузки. В значительной мере в энергосистемах с большой долей АЭС степень их участия в обеспечении системной противоаварийной устойчивости определяется уровнем приёмистости.

Применение дополнительного сигнала и регулятора (расход теплоносителя) в системах автоматического регулирования (САР РУ) позволит поднять быстродействие противоаварийного регулирования частоты. Известно, что в этих переходных процессах важна роль не только формальной доли резерва, но также приёмистости агрегатов. Так в 1978 г. в ходе «аварии века» в энергосистеме «CanUSE» на севере США по сигналам грозозащиты были отключены линии электропередач. Для ликвидации растущего дефицита и, как следствие, падения частоты был запущен из остановленного («холодного») состояния крупнейший в то время энергоблок «Рейвенсвуд» – 1100 МВт. Но из-за недостаточной его приемистости произошла глубокая «просадка» частоты и «развал» энергосистемы, в результате которого Нью-Йорк и прилегающие регионы на 8 часов были полностью обесточены, что в конечном счете вызвало смертельные случаи и потери в миллиарды долларов.

Для решения задачи повышения надежности ОЭС с высокой долей АЭС необходимо иметь (после следующего за «вторичным» так называемого «третичного» регулирования) некоторый малоинерционный запас по «набросу» мощности именно на тех АЭС, которые будут оснащены ЧРП. Отметим, что в период аварий обесточение АЭС в результате «развала» системы особенно опасно из-за сложности охлаждения в этих ситуациях РУ именно самих АЭС.

При реализации частотного регулирования привода ГЦН важнейшим является вопрос об изменении (возможном снижении) критического теплового потока  $q_{кр}$  в наиболее напряженных участках активной зоны. Для иллюстрации используем уравнение для оценки  $q_{кр}$  В.С. Осмачкина в упрощенной форме, подходящей для РУ ВВЭР [11], иногда именуемое формулой Ю.А. Безрукова (1976 г.):

$$q_{кр} = A \cdot (1 - x)^n \cdot G_{РУ}^m \cdot (1 - 0,0185 \cdot p). \quad (1)$$

где  $A$  – коэффициент, для продольного обтекания гладкотрубных поверхностей в условиях, близких к РУ ВВЭР,  $A=0,795$ ;  $x$  – массовое паросодержание потока в рассматриваемых слоях а.з. Для современных расчетов программными средствами (40–60 слоев по высоте), проверяются несколько слоев в середине а.з. Имеющийся относительный энтальпийный балансный недогрев воды (до точки кипения) выражается как отрицательное значение  $x = \left| (h_{п} - h_{в}') / r_{в}' \right|$ , т.е. отклонение разности энтальпий реального потока и потока в состоянии начала закипания (в центральных сечениях слоев) к скрытой теплоте парообразования  $r_{в}'$  при давлении в корпусе РУ. Показатель степени  $n = 0,105 \cdot p - 0,5 = 1,18$  определяется при  $p=16$  МПа. Из формулы (1) следует, что запас  $\bar{q}_{кр i}$  рассчитывается с учетом изменения расхода теплоносителя в степени  $m$ , который рекомендуется в широком диапазоне  $m=0,184-0,311$  (рис. 2). Отметим, что в границах этого диапазона  $m$  результаты расчета  $q_{кр}$  могут существенно отличаться. Прежде всего это связано с общей характеристикой сети и гидравлическим влиянием профиля загружаемых ТВС (перекрестное перемешивание, порядная прогонка, антидебризные вставки и т.д.).

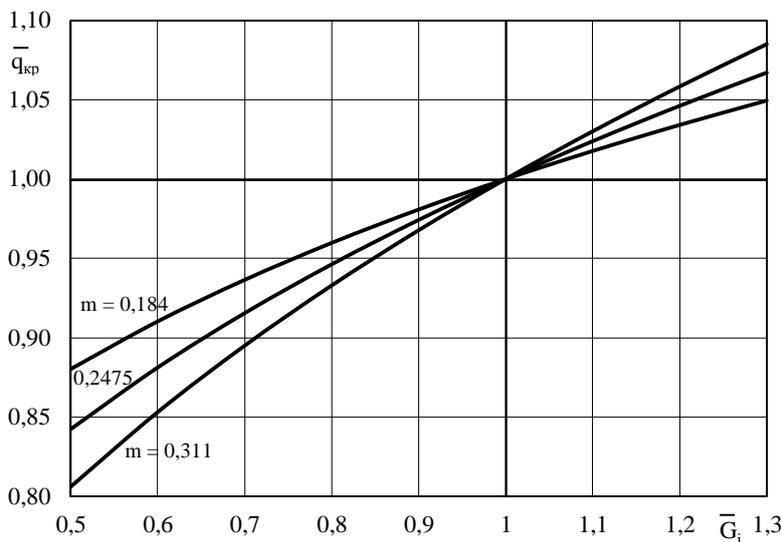


Рис. 2. Зависимость  $\bar{q}_{кр i}$  от расхода теплоносителя  $\bar{G}_i$  при различном показателе степени  $m$

Для «среднего» значения  $m$ :

$$q_{кр} = 0,560 \cdot (1 - x)^{1,18} \cdot G_{РУ}^{0,247}. \quad (2)$$

При  $p_r = \text{const}$  и программах регулирования ПГ АЭС с неглубокой их разгрузкой, особенно при условии  $t_{ср}^{a.з.} = \text{const}$  можно пренебречь различиями во втором сомножителе формулы (2), то есть принять

$$\bar{q}_{кр i} = \bar{G}_i^{0,247} = \left( \frac{G_i}{G_{ном}} \right)^{0,247}.$$

где  $\bar{G}_i = f(\bar{N}_i)$  – заранее доказательно выбранный алгоритм изменения расхода теплоносителя в процессе выполнения графика нагрузки в условиях ЧРП ГЦН. Формализованный для разных программ регулирования алгоритм необходим для выполнения двуединой задачи. При одинаковых относительных

нагрузках, с одной стороны, следует иметь как можно меньший расход теплоносителя, но не ниже допустимого (по условию  $Q_j^{\max} < \bar{Q}_{кр}$  в наиболее напряженных сечениях активной зоны), что должно приводить к снижению мощности ГЦН. Но с другой стороны, расход целесообразно выбирать так, чтобы при этом другие связанные в едином процессе регулирования параметры приводили к наилучшим из возможных нейтронно-физических характеристик зоны на этих режимах.

Для анализа влияния рассмотренных факторов примем, что диспетчерские требования по снижению нагрузки в ночные, праздничные, выходные сутки могут составить в перспективе 70% от номинальной, длительностью от 2000 до 4000 часов в год ( $\tau_r$ ). В этом случае экономия затрат на привод ГЦН составит в годовом исчислении ( $\Delta \mathcal{E}_{ГЦН}^r$ ) на 1 блок 1000 МВт

$$\Delta \mathcal{E}_{ГЦН}^r = \Delta N_{ГЦН}^{ЧРП} \cdot \tau_r \cdot n_{ГЦН} \cdot (1 - \delta_{пот}^{п.у.}) \cdot T_{я}$$

где  $\Delta N_{ГЦН}^{ЧРП}$  – общее снижение мощности ГЦН на блоке при работе с неполной нагрузкой 70%  $N_{ном}$ ;  $\delta_{пот}^{п.у.}$  – процент дополнительных потерь на преобразовательном устройстве ЧРП;  $T_{я}$  – ценовой тариф на энергию АЭС, руб/МВт·ч.

Эта экономия является консервативно оцененной потому, что не учитывает возможное дополнительное повышение мощности выше номинальной (от 104 к 107%) и преимущества, достигаемых при ЧРП ГЦН за счет улучшения приёмности в системном противоаварийном регулировании. С учетом предварительной оценки затрат в ЧРП и уже реализованной возможности поднятия мощности до 104%, срок окупаемости подобной реконструкции энергоблока АЭС оценен как не превышающей 3,5–4 лет [5].

Актуальной становится задача оценки системных преимуществ повышения регулируемого диапазона и приёмности.

### Выводы

1. Показано, что при возрастающих режимных и системных требованиях к энергоблокам АЭС необходимо заблаговременное обоснование и реализация мероприятий по адаптации к ним вновь вводимых и уже действующих энергоблоков АЭС.

2. Одним из реальных путей проектной и эксплуатационной модернизации для повышения маневренных свойств и приёмности энергоблоков является установка СЧРП – средневольтного частотно-регулируемого привода главных циркуляционных насосов мощных энергоблоков. Такая установка проведена успешно в РФ на жидких натриевых насосах АЭС с БН реакторами.

3. Получены предварительные данные по возможной экономии расходов собственных нужд при эксплуатации ГЦН на пониженных нагрузках. При установке СЧРП на работающих и проектируемых энергоблоках с достижением мощностей выше на сегодня достигнутой (104%  $N_{ном}$ ) достигается эффект от частичного замещения нового строительства АЭС и роста валовой прибыли от продажи электроэнергии.

4. Несмотря на первичные позитивные оценки необходимо приложить усилия многих специалистов для решения всех обнаруживаемых проблем в переоснащении ГЦН приводами нового типа.

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-08-00220 А

### Список литературы

1. Отчет о функционировании ЕЭС России в 2016 году // [http://so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2017/ups\\_rep2016.pdf](http://so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2017/ups_rep2016.pdf)
2. АЭС с ВВЭР режимы, характеристики, эффективность / Р.З. Аминов, В.А. Хрусталева, А.С. Духовенский, А.И. Осадчий – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 264 с.
3. Повышение номинальной мощности энергоблоков российских АЭС с ВВЭР-1000 / В.И. Игнатов, А.В. Шутиков, Ю.А. Рыжков, Ю.В. Копьев, С.Б. Рыжов, В.Я. Беркович, Ю.М. Семченков, Р.З. Аминов, В.А. Хрусталева // Теплоэнергетика. 2009. № 11. С. 63–66.
4. Тепло- и нейтронно-физические характеристики энергоблоков АЭС с ВВЭР-1000 при эксплуатации на мощности выше номинальной (на примере второго блока Балаковской АЭС) / В.И. Игнатов, А.В. Шутиков, Ю.А. Рыжков, Ю.В. Копьев, С.Б. Рыжов, В.Я. Беркович, Ю.М. Семченков, Р.З. Аминов, В.А. Хрусталева // Атомная энергия. 2009. Т. 107. № 1. С.9–14.
5. Хрусталева В.А., Башлыков Д.О. Применение частотного регулирования ГЦН для повышения номинальной мощности ВВЭР // Атомная энергия. 2016. Т. 120. № 2. С. 90–95.

6. Лазарев Г.Б., Новаковский А.Н., Султанов А.Т. Энергоэффективное управление расходом теплоносителя в главных контурах реакторных установок энергоблоков АЭС // Энергия единой сети. 2015. № 4 (21). С. 70–88.
7. Черемисин В.В., Шилов Е.А., Анишев Е.Ю. Опыт эксплуатации регулируемых электроприводов главных циркуляционных насосов реактора БН-600 // Электрические станции. 2005. № 5. С. 19–21.
8. Зыков А.С. Частотно-регулируемый электропривод // Росэнергоатом. 2013. № 7. С. 44–47.
9. Ciufu L., Popescu M. O. Introducing energy efficiency in nuclear power plants by using variable medium voltage frequency drives // Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE), 2015 9th International Symposium on. IEEE, 2015. pp. 873–876.
10. Sirovy M., Peroutka Z., Molnar J., Michalik J., Byrtus M. Variable speed pumping in thermal and nuclear power plants: Frequency converter versus hydrodynamic coupling // Power Electronics and Drive Systems (PEDS), 2011 IEEE Ninth International Conference on. IEEE, 2011. pp. 228–234.
11. АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта / С.А. Андрушечко, А.М. Афров, Б.Ю. Васильев, В.Н. Генералов, К.Б. Косоуров, Ю.М. Семченков, В.Ф. Украинцев. М.: Логос, 2010. 604 с.

## **СЕКЦИЯ №6.**

### **ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)**

#### **МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН**

**Аглиуллин А.Х., Каюмов Э.Ф.**

УГНТУ, РФ, г. Уфа

Повышение эффективности и качества строительства скважин в разных геолого-технических условиях, а, следовательно, и снижение стоимости строительства скважин остается важной научно-технической проблемой, имеющей большое хозяйственное значение. Актуальность проблемы повышается в связи с разработкой новых нефтегазовых месторождений, залегающих на больших глубинах со сложными горно-геологическими условиями. Одной из важнейших составляющих проблемы повышения эффективности буровых работ является совершенствование процесса углубления скважины.

Если сравнивать несколько технологий бурения, то при сравнении их эффективности нужно иметь в виду, что сопоставляется, поскольку в бурении есть множество доступных для сопоставления и противопоставляемых друг другу технологий. Например, можно сравнивать между собой компоновки технологического оборудования на предмет определения наиболее подходящей для конкретного случая. В таблицах 1 и 2 приведен примерный перечень объектов и элементов эффективности бурового процесса.

Разработка перечня объектов и критериев эффективности бурового процесса позволила бы в дальнейшем вести плодотворную работу по совершенствованию как самой системы расчета и использования комплексных критериев эффективности, так и определения и установления области применения каждого частного критерия, характеризующего ту или иную сторону технологии и технических средств, используемых в бурении.

При многокритериальной оценке качества бурения в работе в целях наиболее наглядного представления результатов и удобства сравнения вариантов предлагается использовать относительные оценки, например, выраженные в процентах. При этом следует учитывать направления шкал полезности для используемых критериев при оценке.

Таблица 1 – Критерии эффективности технологических объектов

Технологические элементы	Породоразрушающий инструмент	Бурильные трубы и их соединения	Обсадные трубы и их соединения	Забойные механизмы	Компоновки низа буровой колонны	Буровые вышки и мачты	Буровые насосы	Компрессоры	Буровые станки и установки	Буровой комплекс в целом
Степень компьютеризации	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
Степень автоматизации	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
Долговечность	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Безотказность	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Надежность	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Техническая эффективность	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+
Производительность	+	+	-	+	+	-	-	-	+	+
Технологические возможности	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+
Трудоемкость обслуживания	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+
Использование дефицитных материалов	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-
Вес (сила тяжести)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Эргономичность	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
Дизайн	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Безопасность	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
Экологичность	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
Ремонтопригодность скважин	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Таблица 2 – Критерии эффективности технологических процессов

Технологические процессы	Способ бурения скважин	Бурение отдельно взятой скважины	Бурение скважины с боковыми стволами	Кустовое бурение скважин	Бурение комплекса (группы) скважин
<b>Технические критерии</b>					
Степень компьютеризации	-	+	+	+	+
Производительность	+	+	+	+	-
<u>Экологичность</u>	+	+	+	+	+
Степень развития инфраструктуры	-	+	+	+	+
Степень обеспеченности топливом и материалами	-	+	+	+	+
Ремонтопригодность скважин	-	+	+	-	-
<b>Критерии качества</b>					
Выход керна	+	+	-	-	-
Представительность керна	+	-	-	-	-
Интенсивность искривления	-	+	+	+	+
Отклонение забоя от заданной сферы	-	+	+	+	+
Точность оценки глубины скважины	-	+	+	+	+
Степень сохранения заданных размеров скважины по поперечному сечению	+	+	+	+	+
<b>Экономические критерии</b>					
Стоимость 1 м проходки	+	+	+	+	+
Стоимость одной скважины	-	+	+	-	+
Стоимость комплекса скважин	-	-	+	+	+

В качестве примера рассматривается точность попадания забоя в заданную область как один из наиболее важных показателей. При этом направление шкалы полезности принимается направление увеличения, т.е. оценка 100% соответствует максимальной точности.

Оценивать точность попадания забоя в заданную область можно по «сферической модели», где центр сфер и есть центр проектной (заданной) области. Радиус малой сферы ( $r$ ), внутри которой или на ее границу должен попасть забой скважины, будет соответствовать оценке  $C = 100$ . Радиус большой сферы, круга допуска ( $R$ ), отклонение до границы, которой еще допустимо, соответствует оценке  $C = 0$ . Все промежуточные значения радиусов  $\rho$  в интервале  $\rho$  от  $r$  до  $R$  определяются по формуле

$$C_{\rho} = \frac{R - \rho}{R - r} 100\%$$

Аналогичным образом предлагается оценивать и другие показатели.

При оценке качества бурения для целей визуализации результатов анализа предлагается графический метод, который заключается в построении диаграммы нескольких критериев. Диаграмма включает нескольких осей координат, в которых строится геометрическая фигура, соединяющая отложенные по осям значения оценок критериев (см. рисунок).

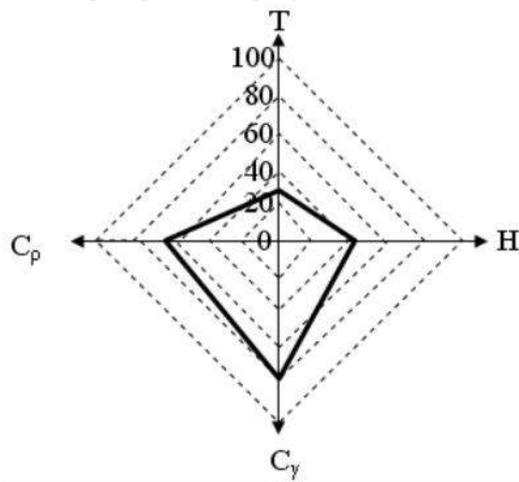


Рисунок – Диаграмма критериев

На рисунке обозначены:  $T'$  – время бурения участка скважины;  $H$  – пробуренный метраж (в процентах к общей проходке);  $C_p$  – точность попадания забоя в заданную область;  $C_y$  – интенсивность искривления.

При построении диаграммы следует учитывать требование одинакового направления шкал полезности. Если какой-либо критерий имеет отличное направление шкалы, то применяют инверсию шкалы. Например, время бурения скважины (участка скважины)  $T$  имеет направление шкалы полезности в сторону уменьшения (чем меньше, тем лучше), тогда переходят к инверсии

$$T' = 100 - T,$$

где  $T$  – время в процентах от общего времени бурения всей скважины.

При выбранном направлении шкал полезности размер фигуры соответствует общей оценке качества процесса бурения (чем больше площадь фигуры, тем выше качество).

Данный метод оценки позволяет не только оценить эффективность бурения, но и сравнить результаты на разных кустах, выявить причину различий путем проведения более детального анализа. Также данный метод позволяет проводить сравнительный анализ показателей бурения для долот различных конструкций и может быть использован как инструмент анализа показателей при апробации новых конструкций технологического оборудования.

### Список литературы

1 Каюмов Э.Ф., Исмаков Р.А. Графический метод оценки эффективности процесса направленного бурения. // УКАНГ, №3, 2015. –С. 52-55.

## СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРОБЛЕМЫ В БУРЕНИИ

Гаймалетдинова Г.Л., Логинова М.Е.

ФГБОУ ВО УГНТУ, г. Уфа

Рынок бурения является ключевой движущей силой нефтесервисного рынка РФ. На бурение приходится более 30% от общего объема рынка нефтепромыслового сервиса (в денежном выражении). Вместе с буровым сервисом (включая сопровождение горизонтального бурения) и другими сервисами, которые применяются при строительстве скважин, эта доля превышает 50%.

В течение 2016 года на рынке бурения сформировались новые тренды, которые существенно влияют на перспективы развития рынка и имеют принципиальное значение для принятия стратегических решений участниками рынка.

В 2016 году в России достигнут исторический максимум добычи нефти в объеме 547,5 млн. тонн. Активный рост добычи нефти был в первую очередь обеспечен приростом объемов проходки в бурении – на 23,2% за 2015-2016 годы. Рост добычи за эти же два года составил 3,8%.

В соответствии с соглашением об ограничении добычи нефти от 10 декабря 2016 года Россия обязалась сократить добычу от уровня октября 2016 года на 300 тыс. барр./сутки, или на 2,7%. Ожидается, что объем добычи в 2017 году снизится примерно на 0,5% по сравнению с 2016 годом, а в последующий период добыча покажет умеренный рост и достигнет уровня 570 млн тонн в 2025 году.

В 2017 году рынок бурения ожидает серьезная коррекция и снижение объемов проходки на величину до 20% от уровня 2016 года. Объем эксплуатационного бурения в России в январе-феврале 2017 года снизился на 17% относительно трехлетнего тренда роста объемов проходки.

В среднесрочной перспективе бурение главным образом будет ориентировано на поддержание уровня добычи. Начиная с 2018 года сформируется тренд, связанный с умеренным ростом рынка бурения в физическом выражении и опережающим ростом – в денежном. Объем проходки на уровне 2016 года (25,6 млн. м), согласно прогнозу, будет достигнут не ранее 2023 года.

Доля горизонтального бурения в эксплуатационном продолжит увеличиваться: с 11% в 2010 году она выросла до 36% в 2016, а к 2021 году достигнет 44%.

В разведочном бурении снижение объемов в 2015 году сменилось на 3% рост в 2016 году. В период до 2026 года прогнозируются сопоставимые объемы разведочного бурения в связи с растущей важностью доразведки на зрелых месторождениях.

Доля открытого рынка в бурении продолжает уменьшаться: в 2016 году она составила 44% с перспективой дальнейшего сокращения в связи с консолидацией рынка «Роснефтью».

Как следствие ключевых рыночных тенденций, ожидается существенный рост конкуренции между компаниями-подрядчиками, а также усиление ценового давления на них со стороны компаний-заказчиков.

При существующем дефиците объемов буровых работ и избытке подрядчиков усилились тенденции демпинга стоимости буровых работ потенциальными заказчиками.

В сложившихся условиях нефтедобывающими предприятиями пересматриваются приоритеты в сторону освоения новых объектов и увеличения объемов буровых работ методом бурения боковых стволов на старых истощенных месторождениях.

При этом на первый план выходит необходимость улучшения качества и снижения себестоимости скважины. Для выполнения данных условий буровые предприятия должны уделять особое внимание, совершенствованию существующих технологий, не забывая при этом, что для реализации этого процесса необходимо иметь соответствующие ресурсы.

Большинство месторождений Урало-Поволжского региона находятся на средней и поздней стадии разработки или имеют высокую степень сложности, глубоко индивидуальную для каждого месторождения. Все это требовало увеличения объемов наклонно-направленного, горизонтального бурения и соответственно - роста глубины скважин. Введение в разработку пластов с низкими фильтрационно-емкостными свойствами, пониженными пластовыми давлениями, неоднородности физико-механических свойств горных пород в условиях солевой агрессии требует постоянного поиска оптимальных решений.

В структуре себестоимости буровых работ особое внимание занимают затраты, связанные со статьей «химические реагенты для приготовления и обработки бурового раствора».

Для решения задач по снижению себестоимости специалистами были разработаны следующие приоритетные направления:

- 1 Разработка новых систем буровых растворов.
- 2 Разработка методик по сокращению потребных объемов буровых растворов для бурения скважин.
- 3 Сокращение затрат на выполнение природоохранных мероприятий, связанных с утилизацией отработанного бурового раствора (ОБР) и буровых сточных вод (БСВ).

В последнее время для обработки буровых растворов широкое распространение получили экологически безопасные модификации природных полимеров, открывающие дополнительные возможности приготовления и использования буровых растворов с высокими технологическими характеристиками, оказывающие минимальное воздействие на компоненты окружающей среды в процессе их использования,

утилизации и безопасного захоронения. Для стабилизации свойств минерализованных буровых растворов используются крахмальные реагенты, относящиеся к естественным полисахаридам. Добавки крахмальных реагентов в буровой раствор позволяют эффективно снижать показатель фильтрации минерализованных буровых растворов, при этом имеют полную растворимость в растворах солей, применяемых для приготовления бурового раствора.

Строительство нефтяных и газовых скважин неизменно сопряжено с возникновением различных осложнений, от выбора способа решения которых зависит конечная стоимость бурения. Одной из распространенных проблем – катастрофических поглощениях бурового раствора.

Вопросу выбора оптимальных технологий для предупреждения поглощений бурового раствора посвящено множество научных трудов, инструкций и публикаций. В публикациях описываются способы ликвидации поглощений с применением различных типов химических материалов или специализированного оборудования. Речь идёт о гидрогелиевых, отверждающихся, набухающих композициях, различных наполнителях, системах растворов с низкой плотностью, кольматантах и кольмататорах, профильных перекрывателях и т.д. В публикациях приводится положительный опыт применения предлагаемых решений. Однако часто случается так, что технологии предупреждения и ликвидации поглощений, положительно зарекомендовавшие себя на одном участке, оказываются неэффективными в других регионах [2]. Успешность решения такой сложной технической задачи, как ликвидация поглощения, в большей степени зависит от правильной оценки причин возникновения проблемы и выбора наиболее подходящего способа её решения. По собранной коллективом авторов статистике, успешность применяемых в нашей стране технологий борьбы с поглощениями составляет менее 30%. Низкая успешность технологических операций, по мнению авторов данной статьи, связана с отсутствием эффективной методологии оценки причин появления поглощений, а также с отсутствием алгоритмов, описывающих выбор оптимального способа борьбы с поглощением. Инжиниринговые компании, специализирующиеся на поиске нестандартных, адресных решений, способны повысить вероятность нахождения успешного решения такой специфической задачи, как предупреждение поглощений при бурении.

Результатом их работы, как правило, становится готовая технология, включающая перечень необходимых материалов и подробных инструкций по их применению, адаптированная к условиям конкретного месторождения.

Для повышения успешности операций по предупреждению и ликвидации поглощений предлагается алгоритм решения задачи по безаварийному бурению в осложнённых условиях.

Понимание механизмов поглощения в каждом конкретном случае и тестирование различных технологий на соответствие установленным критериями позволяет исследовательской компании подобрать наиболее эффективный способ ликвидации поглощения и передать технологию заказчику для реализации [1].

Открытия новых месторождений приурочены к труднодоступным и все более суровым климатическим районам, с отсутствием инфраструктуры, многолетнемерзлым породам. Физически стареет фонд скважин. Растет фонд малодобитных скважин, требующий насосов и другого оборудования с малой производительностью. Добыча нефти по России опережает прирост запасов. Структура запасов нефтяной компании очень сложная. Большая доля низкопродуктивных запасов связана с ростом глубин залегания, где в основном преобладают залежи сложного строения, представленные литологическими замещениями, тектоническими нарушениями, невыдержанностью толщин и коллекторских свойств с низкими фильтрационно-ёмкостными свойствами поровых и порово-трещинных коллекторов.

В сложившейся ситуации предприятия идут по пути создания новых или существенного совершенствования существующих технологий бурения и заканчивания скважин, в том числе технологий первичного и вторичного вскрытия, освоения и интенсификации, повышающих нефтеотдачу пластов.

Применение растворов на нефтяной основе также связано с решением проблемы очистки прискважинной зоны пласта. При фильтрации в пласт они создают различные блокады из эмульсий, проникающей твердой фазы, солей и прочего. Важным недостатком этих растворов является их высокая стоимость.

Применение различного рода методов воздействия на ПЗП, направленных в основном на расформирование, удаление или преодоление зоны проникновения фильтратов, достигло в среднем 74% успешности операций, а среднее начальное повышение продуктивности, без учета ГРП, составило 1,45 раза.

Приведенные причины осложнений при бурении и вскрытии глубокозалегающих продуктивных пластов и пути их преодоления побуждают специалистов уделять большое внимание разработке и внедрению новых технологий и технических средств решения проблемы эффективного освоения трудно извлекаемых запасов.

Разрабатывается и осваивается технология первичного вскрытия на равновесии и депрессии в процессе бурения, что позволяет значительно снизить вероятность поглощений, максимально уменьшить или исключить повреждение прискважинной зоны пласта технологическими жидкостями, получать значительно большие дебиты, чем при технологиях на репрессии.

Применяемые в процессе строительства скважин технологии заканчивания оказывают большое влияние на последующую эксплуатацию и обеспечение добычных возможностей пласта. По каждому месторождению на стадии разработки проектов и технологических схем разработки проводится планирование совершенствования и разработки новых технологий и технических средств [5], в том числе:

- технологий первичного и вторичного вскрытия пластов исходя из фактически сложности строения залежей;
- моделирование формы и содержания эксплуатационного забоя как в пространстве, так и во времени.

Отдельными блоками решаются проблемы заканчивания скважин на Баженовскую Свиту и нижележащие пласты. Здесь ведется разработка новых конструкций скважин и технологий бурения, в том числе на депрессии. Для эффективного строительства горизонтальных скважин в сложных горно-геологических условиях решаются дополнительные задачи в области: формирования оптимальных профилей стволов скважин с целью исключения потери проходимости бурильной и обсадной колонн в неустойчивых породах [9]; совершенствования промысловых жидкостей и гидравлических программ, обеспечивающих снижение размеров блокирующих зон проникновения фильтратов и качественную очистку ствола скважины от шлама; проводки горизонтального участка по траектории, близкой к проектной; устойчивости горизонтальных участков скважин по каждой отдельно взятой разбуриваемой залежи конкретного месторождения. На основе анализа причин осложнений при бурении скважин в сложных горно-геологических условиях на лицензионных участках в Западной Сибири разработана система автоматизированного проектирования схем кустования месторождения. Эта система аккумулировала в себя решения всех основных взаимосвязанных технико-технологических и экономических проблем, возникающих при реализации сложных систем разработки на основе проектирования бурения с применением горизонтальных и многоствольных технологий[6].

Приведенный перечень проблем, с которыми сталкиваются предприятия не полон и индивидуален для каждой скважины. Назовем основные проблемы, с которыми сталкиваются бригады при бурении скважин: прихваты, устаревший фонд оборудования, не всегда эффективно работающая логистика доставки необходимого оборудования, пожароопасность, и самое главное не всегда квалифицированные кадры.

Таким образом, для эффективного функционирования предприятия необходимо решать многие проблемы и только от квалифицированных кадров зависит успешность каждой скважины и предприятия в целом.

### Список литературы

1. Байтимиров Э. М. Эффективные решения по ликвидации поглощений бурового раствора. Байтимиров Э. М., Комаров А. О., Бармин А. В., Гладков А. А., Чувьуров М. Ю.// Бурение и нефть. 2012. № 3. С. 59.
2. Дж.Р. Грей, Г.С.Г. Дарли. Состав и свойства буровых агентов. М., Недра. 1985. С. 361 – 375.
3. Крылов В. И. Изоляция поглощающих пластов в глубоких скважинах. М.: Недра, 1982. 304 с. А. с. 992732 СССР.
4. Крылов В.И., Сухенко Н. И. Борьба с поглощением при бурении скважин. М., Недра, 1968.
5. Логинова М.Е., Гаймалетдинова Г.Л// Разработка математической модели по экспериментальным данным профилей скважин с большой протяженностью горизонтального участка: сб. ст. Международной научно-практической конференции «Инновации и наука: проблемы и перспективы». – Москва, 2017. С. 322-324.
6. Мойса Н. Ю., Сухенко Н. Оценка закупоривающих свойств наполнителей для ликвидации поглощений бурового раствора// Бурение и нефть. 2006. № 6.С. 47.

7. РД 39-2-684-82. Инструкция по борьбе с поглощениями при бурении и креплении скважин. В.И. Крылов и др. Краснодар, 1982.
8. Спивак А. И., Мавлютов М. Р., Горонович С.Н. Инструкция по предупреждению и ликвидации поглощений в поровотрещинных карбонатных коллекторах при вскрытии газоносных отложений большой толщины. Мингазпром СССР, РД 51-128-97. Уфа: УНИ, 1987.
9. Фокин В. В. Причины низкой эффективности методов борьбы с поглощениями в бурении / Поляков В. В., Мнацаканов В. А., Аверьянов А. П., Фокин В. В. // НТЖ Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. М.: ВНИИОЭНГ, 2009. № 3. С. 16.

## **СЕКЦИЯ №7.**

### **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)**

#### **ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОФАЗНОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКОГО КОМПОЗИТА С SiC-МАТРИЦЕЙ**

**Кулик В.И., Нилов А.С.**

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, РФ, г. Санкт-Петербург

В настоящее время композиционные материалы на основе карбидокремниевой матрицы, армированной углеродными и керамическими волокнами, имеют практически неограниченный потенциал применения в конструкциях, работающих при высоких температурах и в агрессивных средах. Они нашли применение в таких отраслях современной промышленности как авиационная, ракетно-космическая, атомно-энергетическое машиностроение, двигателестроение, транспорт, химическая и др.

Среди различных методов получения КМ с SiC-матрицей одним из наиболее перспективных является метод газофазного насыщения каркасов (ГНК) [1]. Метод ГНК основан на фильтрации газообразных химических реагентов (прекурсоров) вглубь нагретого пористого каркаса, их термохимического разложения и осаждения на поверхности пор каркаса карбида кремния. Вместе с тем, существующий опыт указывает на то, что внедрение методов ГНК в производство сталкивается с рядом проблем, основная из которых – значительное время процесса получения высококачественных КМ. И хотя здесь достигнут большой прогресс, проблема повышения качества получаемых материалов пока не нашла своего адекватного разрешения. Работа над улучшением качества материала и выбором оптимальных условий технологических процессов ГНК происходит в настоящее время в основном эмпирически, исходя из опыта экспериментаторов. Очевидно, что экспериментальные возможности для решения этих проблем ограничены по экономическим и временным соображениям. Анализ показывает, что для отработки такого типа технологических процессов наиболее целесообразным и экономическим является путь, основанный на развитии математических моделей и численном исследовании процессов ГНК [2-4].

В данной работе проводится численное исследование процесса уплотнения волокнистого каркаса SiC-матрицей изотермическим методом ГНК (ИГНК), являющимся одним из наиболее широко используемых вариантов данной технологии, при котором волокнистый каркас находится в реакторе при постоянной температуре. Для численного исследования была использована одномерная математическая модель (вдоль толщины каркаса) процесса ИГНК. Известно, что пористая среда волокнистого каркаса включает как минимум две системы пор разного масштаба – между волокнами внутри пучков и между пучками волокон. Модель учитывает конвективный массоперенос, и описывает уплотнение каркаса как процесс совместного насыщения разномасштабных систем пор с учетом массообмена между ними [3]. Модель процесса уплотнения каркаса состоит из систем пор [4]: (1) уравнения сохранения конденсированного продукта, позволяющие оценить изменения геометрии пористой среды во времени; (2) уравнения сохранения отдельных компонентов газовой фазы; (3) уравнения сохранения импульса (закон Дарси); (4) уравнения неразрывности всей газовой фазы; (5) единое для всей пористой двухфазной среды уравнение сохранения энергии.

Так как характерные времена массопереноса в газовой фазе намного меньше характерного времени осаждения твердой фазы, то для описания эволюции пор была использована квазистационарная модель. При

этом реальный нестационарный процесс был заменен последовательностью стационарных процессов, протекающих в пористой среде, геометрия которой изменяется между временными шагами.

При численном исследовании ИГНК рассматривался каркас, однонаправленной структуры, образованный укладкой пучков волокон перпендикулярно поверхности каркаса. Пучки состояли из 500 элементарных SiC- волокон диаметром 15 мкм. В таком каркасе учитывались две системы пор: межпучковые и внутрипучковые поры, ориентированные вдоль оси x. Толщина каркаса  $L=2.5$  мм. Начальная межпучковая пористость и пористость внутри пучков составляла 0,5, суммарная 0,75. Минимально достигаемая пористость в пучках и межпучковых порах – 0,1.

В качестве прекурсора для осаждения SiC-матрицы был выбран метилтрихлорсилан (МТС) в смеси с водородом. Сложная кинетическая схема пиролиза МТС в данной работе была заменена одной эквивалентной обратимой гетерогенной реакцией осаждения SiC:  $\text{SiCl}_3\text{CH}_3(\text{g}) \xrightarrow{\text{H}_2} \text{SiC}(\text{s}) + 3\text{HCl}(\text{g})$ .

В работе исследуется влияние технологических параметров ИГНК, таких как температура, давление, концентрации компонентов исходной газовой смеси, на продолжительность процесса, средние значения остаточной пористости и однородность ее распределения по толщине каркаса в различных системах пор и во всем материале.

На рис.1. приведены суммарные остаточные пористости композита во внутрипучковых и межпучковых порах в зависимости от температуры процесса и давления газовой смеси в реакторе. Анализ графических зависимостей показывает, что влияние параметров процесса на остаточную внутрипучковую пористость имеет достаточно сложный характер. В целом  $\varphi_{\Sigma v}$  возрастает с увеличением температуры во всем исследованном диапазоне давлений. При этом, зависимость  $\varphi_{\Sigma v}$  от давления меняется на противоположную – в диапазоне температур 1150-1250 К уменьшается с ростом давления, а при более высоких температурах постепенно переходит к зависимости, когда остаточная пористость увеличивается с ростом давления, имея минимум пористости, изменяющийся от  $p=70$  кПа при  $T=1250$  К до  $p=10$  кПа при более 1400 К. В межпучковых порах остаточная пористость монотонно возрастает как с увеличением температуры, так и с увеличением давления.

Повышенная пористость каркаса при более высоких температурах является следствием смещения равновесия между скоростями исчезновения прекурсора в результате пиролиза и его доставки в глубь пористого каркаса.

При высоких температурах процесс уплотнения пористой среды переходит в режим, когда он начинает лимитироваться скоростью переноса прекурсора.

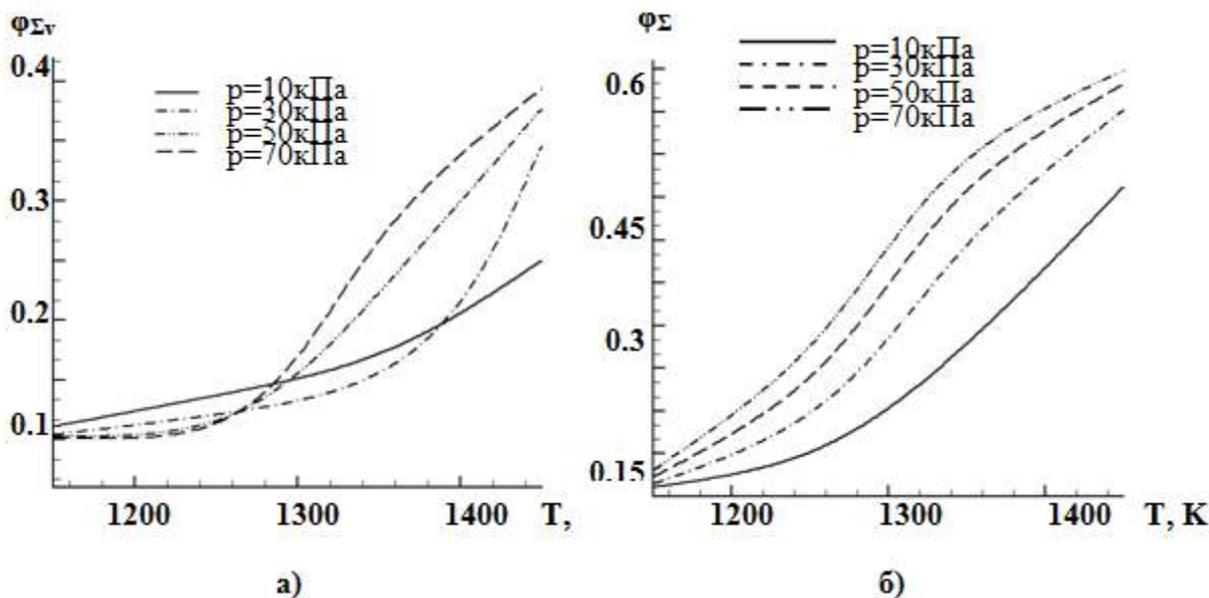


Рис.1. Влияние температуры процесса  $T$  и давления газа в реакторе  $p$  на остаточные значения суммарной пористости внутри пучков ( $\varphi_{\Sigma v}$ ) (а) и между пучками ( $\varphi_{\Sigma p}$ ) (б). Концентрация МТС ( $C_{\text{МТС}}$ )-0,7; толщина каркаса  $X=2.5$ мм.

На рис. 2 показано влияние температуры процесса и давления газа в реакторе на время процесса. Время процесса монотонно убывает с увеличением давления и температуры.

На рис. 3 показано распределение концентрации  $C_{MTS}$  по толщине каркаса в зависимости от температуры процесса. Видно, что неоднородность распределения концентрации по толщине каркаса увеличивается с ростом температуры, приводя к росту неоднородности распределения межпучковой остаточной пористости по толщине каркаса.

Таким образом, более однородное распределение пористости по толщине каркаса достигается при низких температурах и давления (рис. 4), однако, это приводит к увеличению времени процесса.

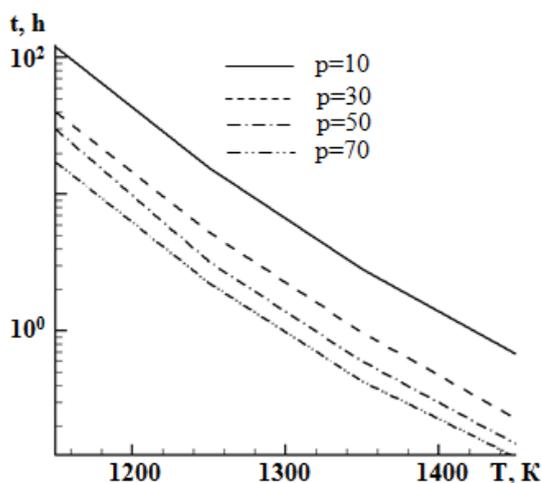


Рис.2 Влияние температуры процесса и давления газа в реакторе на время процесса

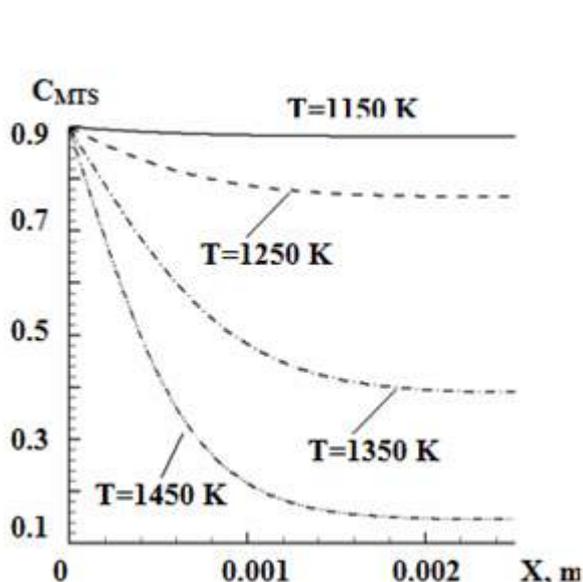


Рис. 3. Распределение концентрации  $C_{MTS}$  по толщине каркаса при различных температурах процесса ( $p=10$ кПа)

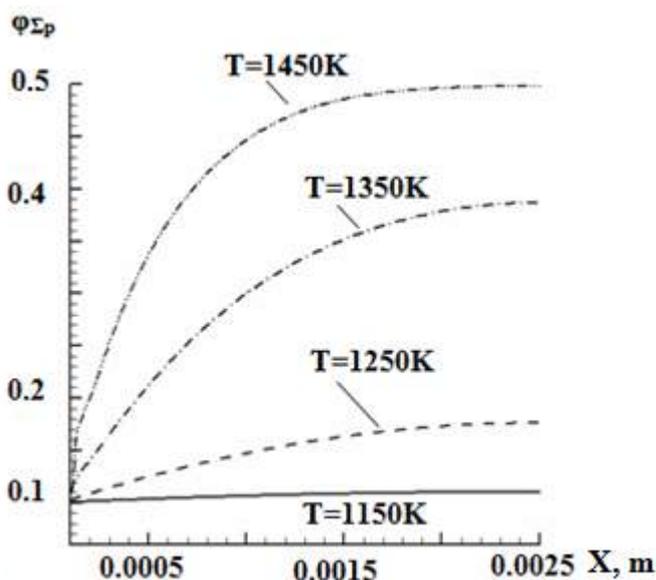


Рис. 4. Распределение межпучковой пористости  $\phi_{\Sigma p}$  по толщине каркаса  $X$  при различных температурах ( $p=10$  кПа)

### Список литературы

1. Besmann T.M. Vapor-phase Fabrication and Properties of Continuous-filament Ceramic Composites / T.M. Besmann, B.W. Sheldon, R.A. Lowden, D.P. Stinton // Science, 1991. - V.253. – P. 1104–1109.
2. Chang H.-C. Minimizing Infiltration Times during Isothermal Chemical Vapor Infiltration with Methyltrichloro-silane / H.-C. Chang, T.F. Morse, B.W. Sheldon // J. Am. Ceram. Soc., 1997. – V.80(7). - P. 1805-1811.
3. Kulik V.I. Modeling of SiC-Matrix Composite Formation by Isothermal Chemical Vapour Infiltration / V.I. Kulik, A.V. Kulik, M.S. Ramm, Yu.N. Makarov // J. Crystal Growth, 2004. - V.266. - P. 333–339.
4. Кулик В.И. Исследование термоградиентных процессов газофазного насыщения SiC-матрицей сложнопористых волокнистых каркасов с 3D-структурой / В.И. Кулик, А.В. Кулик, М.С. Рамм // Труды первого российского научно-технического симпозиума «Интеллектуальные композиционные материалы и конструкции», (23-24 июня 2004 г., г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана) – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. с. 36-41.

**СЕКЦИЯ №8.**  
**ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ**  
**(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00)**

**THE PECULIARITIES OF THE DEVELOPMENT OF HSR IN RUSSIA**

**Куртикова А.Р., Куртикова Э.Р.**

РУТ (МИИТ), г. Москва

In the second half of the 19th century, Russia became the largest railway power. Along with the increase of length of railways, there was an active increase of train speed. In the early of XX century on the line Saint Petersburg – Moscow express trains reached the speed of 110 miles per hour, and in 1960, the Soviet fast train "Aurora" developed the speed of 160 km/h.

4 July 2006 – the Board of Directors of JSC "RZD" approved the establishment of the subsidiary "Speed lines", which became the parent company for the construction of the HSR.

March 16, 2010 – Russian President Dmitry Medvedev signed Document № 321 "On measures on organization of high-speed railway transport in the Russian Federation" in which the government required before the end of 2010 to adopt a set of priorities, including regulatory, technical, financial, personnel, organizational and other aspects.

The development of speed and high-speed traffic is a strategic priority for the company. December 17, 2009, the opening of high-speed rail and launching of electric trains "Sapsan" on the route Moscow – Saint-Petersburg, July 30, 2010 on the route Moscow – Nizhny Novgorod. 12 December high-speed rail service was opened on the route St. Petersburg- Helsinki and the high-speed trains "Allegro" was launched.

Under high-speed way is realized a new dedicated railway line designed for trains with speeds of 200 to 400 km/h. The high-speed traffic transport is passenger's transportation at speeds from 140 to 200 km/h on upgraded existing lines.

Since December 2009 high-speed traffic has been set up on the upgraded infrastructure links such regions, as Moscow, Tver, Novgorod, Leningrad, Vladimir and Nizhny Novgorod region. High-speed trains "Сапсан" travel on the Moscow – Saint Petersburg high-speed trains «Аллегро» between St. Petersburg and Helsinki high-speed trains "Стриж" between Moscow and Nizhny Novgorod, and high-speed trains "Ласточка" between St. Petersburg and Veliky Novgorod, Moscow and Nizhny Novgorod, Sochi region, etc.. Every year high-speed trains of JSC "Russian Railways" transported over 3.2 million passengers.

The development of high-speed communication is defined by the "Programme of development of high-speed traffic on the railway network of JSC "Russian Railways" on prospect till 2020" and the "Strategy of railway transport development in Russian Federation till 2030".

Key high-speed rail projects will be the lines:

- Moscow – Kazan – Ekaterinburg, 532 length of 1 km;
- Moscow – Saint-Petersburg, the length of 659 km.
- Moscow – Rostov-on-don – Adler, 540 length of 1 km.

The growing congestion of road infrastructure and the objective growth of transport activity requires the adoption of systemic and long-term solutions that will improve the efficiency of the railway system as a whole. One of the tools to improve the efficiency of rail transport is the development of high-speed and high-speed interregional connection that are designed to bring together the constituent entities of the Russian Federation.

The development of high-speed movement will be a push for the export of progressive foreign technologies and the reason of mass creation of new job places.

The socio-economic effects from the creation of HSR:

- the cooperation of agglomerations and regional centers into a single agglomerate;
- the rendering of modern services to the population– high-speed rail passenger transport;
- the development of regions and improvement of live conditions; remote regions automatically become close suburbs of large agglomerations of Russia;
- the increasing of the socio-economic potential of country as developed transport is the basis of prosperity of a number of other industries, as well as a fundamental condition for improving the investment climate in the country;

- raising of the qualifications of Russian specialists, the increasing of the employment level of the population;
- the formation and development of the unified system of intermodal systems "airports – HSR – urban transport";
- the increasing prestige of the country, as the modern world in the near future there will be no economically developed country without a system of HSR.

A pilot project of high-speed railway (HSR) in Russia is the construction of HSR Moscow – Kazan, with an extension to Yekaterinburg.

The route length will be 770 km, the maximum speed – up to 400 km/h.

The construction of HSR Moscow – Kazan will bring together the territory of seven subjects of the Russian Federation: Moscow, Moscow region, Vladimir region, Nizhny Novgorod region, Chuvash Republic, Mari El and Tatarstan.

Travel time between Moscow and Kazan will make 3.5 hours, Moscow and Nizhny Novgorod is 2 hours, Nizhny Novgorod and Kazan – 1.5 hours.

The project will ensure the mobility of the population; will create the impetus for the development of innovative technologies in industries of the Russian Federation, the enterprises that will be involved in the creation and delivery of HSR infrastructure.

### References

- 1) Скоростной и высокоскоростной железнодорожный транспорт. Сооружения и устройства. Подвижной состав. Организация перевозок. Т.2. СПб: Издательство «Информационный центр «Выбор», 2003.448 с.
- 2) Скоростной и высокоскоростной железнодорожный транспорт. В прошлом, настоящем и будущем. Т.1. СПб: Издательство «Информационный центр «Выбор», 2001.265 с.

## СЕКЦИЯ №9.

### АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10)

#### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА НЕАДИАБАТНОЙ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ ТЕЧЕНИЯ

**Веретенников С.В., Новикова К.С.**

ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьёва»

Одним из перспективных направлений исследования вихревого эффекта является изучение работы вихревых труб в системах охлаждения лопаток ГТД и влияние аэроакустического взаимодействия газодинамических структур на эффективность энергопереноса.

В таких случаях вихревая труба существенно неадиабатна, а качество её применения во многом зависит от интенсивности передачи энергии в форме тепла от периферийного квазипотенциального вихря к стенкам камеры энергоразделения (вариант обогрева стенок) или съема тепла со стенок (вариант тепловой защиты). Существенные расхождения по величине коэффициента теплоотдачи в зависимости от режима работы вихревого устройства и отсутствие надежных данных о распределении коэффициента теплоотдачи по длине камеры энергоразделения с учетом влияния затухания окружной компоненты скорости и эффектов подогрева периферийного потенциального вихря не позволяют без дополнительного исследования использовать вихревые трубы для решения оптимизационных задач. Это сдерживает их применение в технологиях охлаждения во многих случаях и, как пример, в системах охлаждения элементов конструкции высокотемпературных газовых и паровых турбин[1].

Впервые использовать вихревые энергоразделители в конструкции охлаждаемой лопатки ГТД предложили японские инженеры (рисунок 1) [2]. ВТ расположена в корне рабочей лопатки, а охлажденный поток подается к среднему сечению по высоте пера. Тем самым достигается снижение неравномерности температуры по высоте рабочей лопатки.

Более перспективной является схема [3], в которой две вихревые трубы встраиваются в лопатку пера,

а их камеры энергоразделения расположены вдоль высоты пера лопатки. Охлажденный поток отводится на охлаждение кромок (рисунок 2).

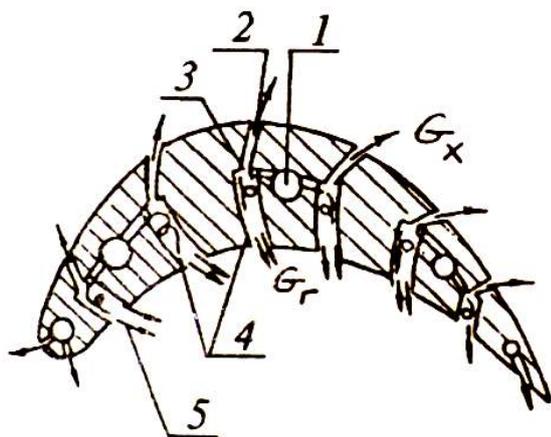


Рисунок 1 – Рабочая лопатка с вихревыми микроэнергоразделителями: 1 – коллектор; 2 – охлаждающий поток; 3 – диафрагма; 4 – цилиндрические каналы; 5 – нагретый поток [2]

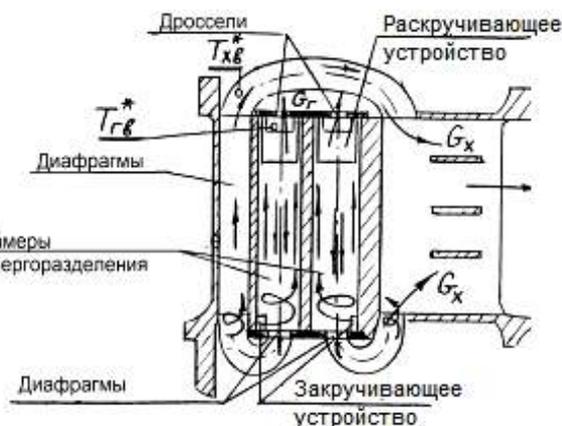


Рисунок 2 – Схема течения воздуха в сопловой лопатке, охлаждаемой двумя вихревыми трубами [3]

Численное моделирование расчеты охлаждаемой водяным паром лопатки турбины со встроенными вихревыми трубами (Рис.3) показало, что область наиболее эффективных режимов (для воздуха) по эффективности энергоразделения и по коэффициентам теплоотдачи лежит в области  $\mu = 0,5 \dots 0,7$  и перепаде давления  $\pi = 2 \dots 3,3$ . Экспериментальные исследования модельной лопатки проводились с использованием в качестве хладагента водяного пара и при относительной доле охлажденного потока  $\mu = 0,6$ . Полученные в экспериментах значения коэффициента теплоотдачи на внутренней поверхности охлаждающего канала лопатки подтвердили достоверность численных расчетов. Максимальное значение коэффициента теплоотдачи составило  $\alpha = 1300 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . В процессе расчёта наблюдались колебания расхода пара через

$$\nu = 600 \dots 700 \text{ Гц}$$

вихревой энергоразделитель, частота колебаний составляла

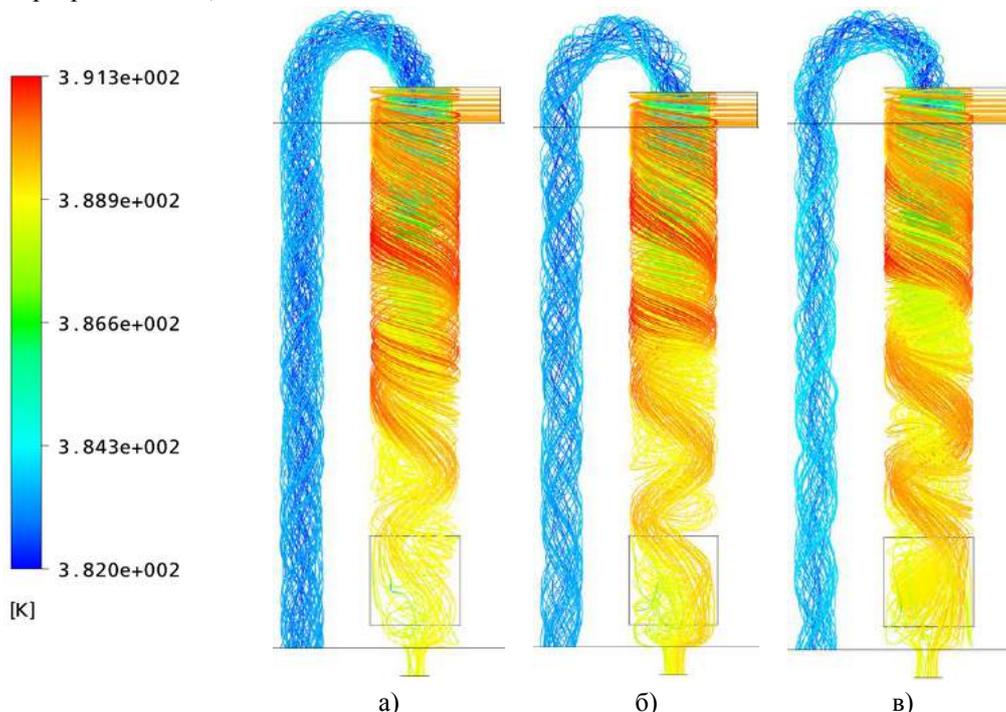


Рисунок 3– Линии тока (цвет соответствует полной температуре потока):

$$\text{а) } t = \frac{1}{2}T ; \text{ б) } t = \frac{3}{4}T ; \text{ в) } t = T$$

Для более подробного изучения влияния нестационарности течения в вихревой трубе на ее рабочий процесс и поиска оптимальных параметров вихревой трубы для охлаждения лопаток ГТД выполнено моделирование газодинамики и теплообмена процесса энергоразделения на модели вихревой трубы (Рис.4).

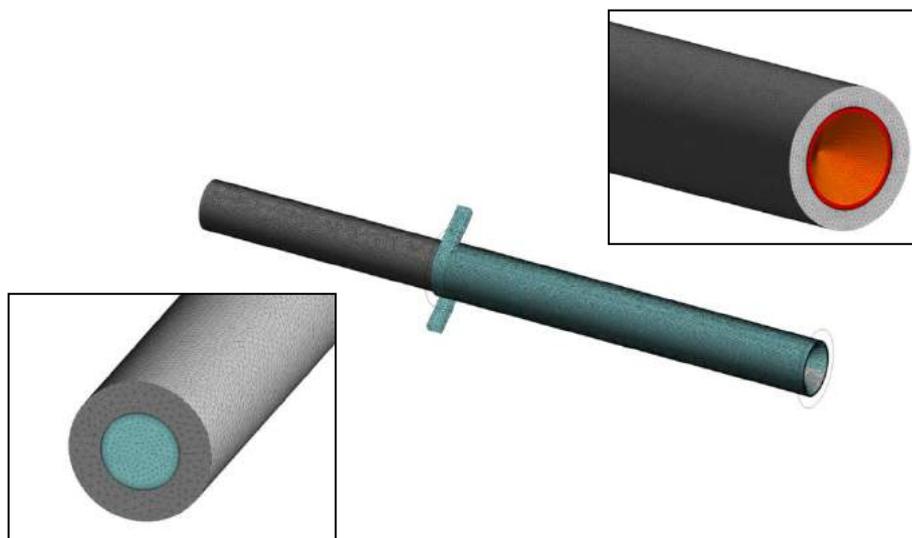


Рисунок 4. Сеточная модель вихревой трубы

Течение в каналах вихревого энергоразделителя может быть отражено системой дифференциальных уравнений неразрывности, движения (в форме Навье-Стокса), энергии и уравнения состояния. В качестве условия сопряжения на границе «газ – твердое тело» задавались условия непрерывности температуры и равенства тепловых потоков. Моделирование выполнено в трехмерной постановке для вязкого, турбулентного потока при учете сжимаемости, неизотермичности, отсутствии химических реакций и фазовых превращений. Замыкание системы уравнений Рейнольдса выполнено двухпараметрической моделью турбулентности k-w SST, а также анизотропной RSM BSL моделью турбулентности. Для изучения акустических явлений использована постановка расчета в нестационарных условиях.

В результате расчета наблюдается периодичность изменения параметров, которая характеризуется частотой порядка 500 Гц показанная на рисунке 5, при средних значениях расхода на входе 4,76 г/с (колебания -0,8..+1,3%), на выходе холодного потока 2,11 г/с (колебания -6,8..+9,4%). Так же среднее значение коэффициента теплоотдачи в камере энергоразделения – 850 Вт/(м<sup>2</sup>К), колебания -19,3..+31,8% (Рис.6).

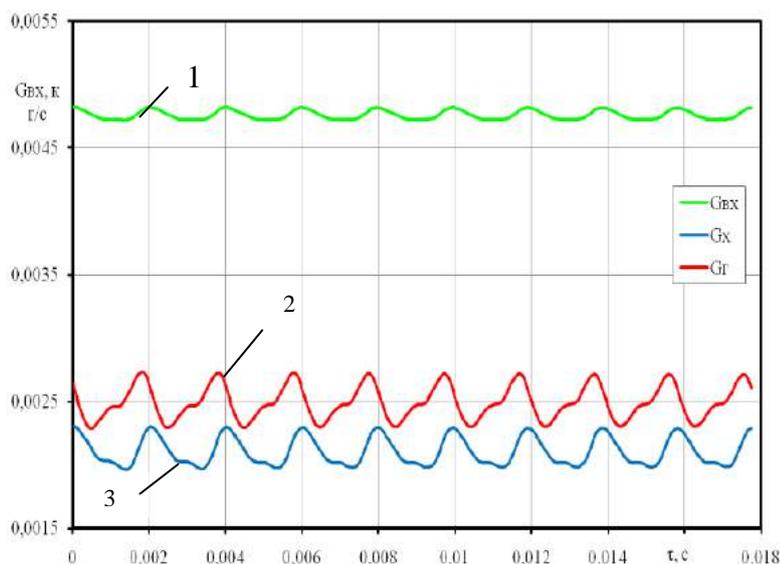


Рис.5. Изменение расхода воздуха на входе в ВТ и на её выходах: 1 – расход на входе, 2 – расход подогретого потока, 3 – расход охлажденного

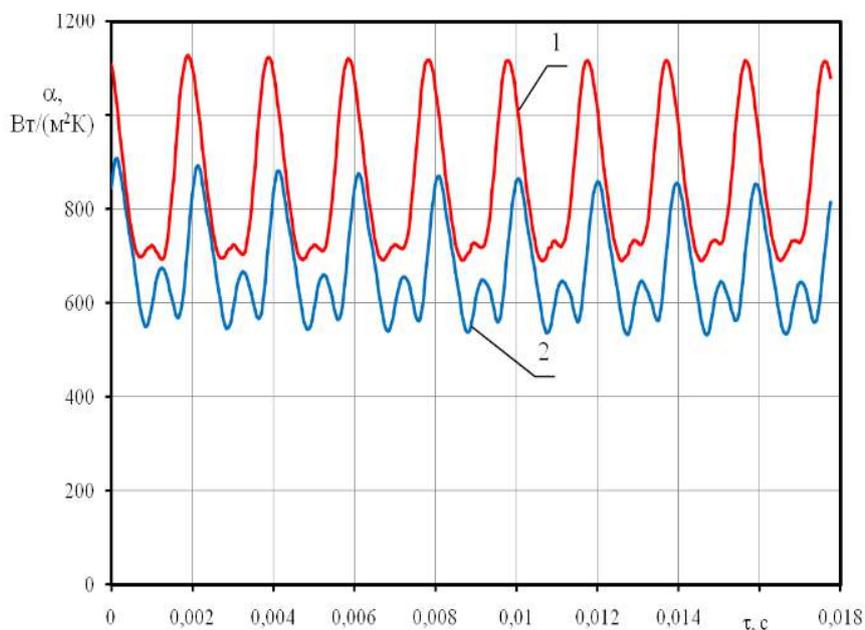


Рис.6. Изменение средних по поверхности ка меры энергоразделения (1) и патрубка охлажденного потока (2) коэффициентов теплоотдачи

Полученные расчеты показывают, что использование «классических» изотропных моделей турбулентности не позволяет описать сложные трехмерные процессы переноса массы, импульса и энергии в сильно закрученном потоке, движущемся внутри камеры энергоразделения и осложненным ярко выраженным приосевым противотоком. Процессы взаимодействия приосевого и периферийного вихря приводят к формированию нестационарных полей скорости, давления, температуры. Полученные расчетные характерные пульсации термогазодинамических параметров оцениваются основной частотой порядка 8,3 кГц и дополнительной частотой порядка 1,6..2,0 кГц. Высокочастотные колебания параметров связаны с газодинамическим взаимодействием периферийного и осевого вихрей, а также генерируемыми ими турбулентными пульсациями. Низкочастотные пульсации вызваны периодической перестройкой поля скорости вследствие распада периферийного и приосевого вихря вблизи выхода горячего потока из камеры энергоразделения. При этом можно ожидать очевидную синхронность возмущений во всех трех потоках, что подтверждается результатами во всех приведенных последующих рисунках (рис.7, рис.8).



Рис.7 Визуализация течения по изоповерхности  $\lambda_2$  потока при  $P^*=1,5$ атм



Рис.8 Визуализация течения по изоповерхности  $\lambda_2$  потока при  $P^*=4$  атм

В результате расчета на модели RSM BSL наблюдается периодичность изменения параметров оценивается основной частотой равна 8300 Гц, дополнительная частота порядка 1600-2000 Гц при средних значениях расхода на входе 5,59 г/с (колебания -0,1..+0,2%), на выходе холодного потока 4,42 г/с (колебания -0, 6..+0,2%). А так же коэффициент теплоотдачи в камере энергоразделения равен 1150 Вт/(м<sup>2</sup>К) (колебания -0,6..+0,3%).

Собственное вращение спирального вихря протекает менее интенсивно по сравнению с вращением периферийного вихря, что позволяет отнести его ко вторичному течению.

На колебания расхода воздуха, поступающего через проточную часть сопла закручивающего устройства существенное влияние, оказывает прецессионное течение приосевого вихря, в результате которого происходит периодическое поджатие газа на выходе из сопла. При этом происходит некоторое возрастание давления на выходе из соплового устройства, которое будет снижать величину располагаемого перепада и, как следствие, скорость истечения и расход. На основании этого можно сделать вывод, что цикличность изменения расхода на входе в трубу должна совпадать с цикличностью радиальных пульсаций прецессирующего приосевого вихря. Однако мы располагаем только предположительными данными. Для более точной картины это нужно подтвердить численными и экспериментальными данными.

#### Заключение

Численное и экспериментальное исследование вихревой трубы позволило определить интенсивность теплообмена на боковой поверхности камеры энергоразделения. Расчеты с использованием k-w SST модели турбулентности показали, что коэффициент теплоотдачи равен 850 Вт/(м<sup>2</sup>К), а на модели турбулентности RSM BSL 1150 Вт/(м<sup>2</sup>К).

Различие пульсации в расходах сжатого, охлажденного и подогретого потоков определяется различной степенью влияния возмущений на отмеченные потоки, очевидно связанных с величиной статического давления во входном и выходном сечениях. Предположительно колебания расхода связаны с частотой прецессии приосевого вихря. Однако это требует в дальнейшем расчетного или опытного подтверждения.

#### Список литературы

1. **Пиралишвили, Ш.А.** Вихревой эффект. Технические приложения. Том 2 [Текст]/ Ш. А. Пиралишвили, В.В. Бирюк, С.В. Веретенников, А.И. Гурьянов - М. :ООО "Научтехлитиздат", 2014. -216с.
2. **Кобаяси С.** Схема охлаждения лопаток газовых турбин [Текст] // Патент Японии № 57-45881, 1982 МКИ Г 01D5/18.
3. **Пиралишвили, Ш. А.** Эффективность охлаждения лопатки рабочего колеса турбины со встроенными в перо малоразмерными вихревыми энергоразделителями [Текст] / Ш. А.

## АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ИМИТАЦИИ АТМОСФЕРНОГО ДОЖДЯ ДЛЯ СЕРТИФИКАЦИИ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Гурьянов А. И., Калинина К. Л., Гурьянова М. М.

ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьёва

Важной задачей на стадии комплексной доводки авиационного двигателя является его испытание в условиях полета. Особую сложность представляет организация имитации дождя, так как системы, необходимые для ее осуществления, должны обеспечивать комплекс требований по концентрации воды в воздухе, спектру распределения капель по размерам, значению среднегеометрического диаметра капель, расходным характеристикам форсунок и условиям динамического взаимодействия потока капель с воздушным течением в воздухозаборник.

### Требования, предъявляемые к установкам для имитации дождя

Имитации дождя в модельной постановке возможна в условиях, приводящих к дроблению водяных струй, подаваемых в виде осесимметричных волнообразных жгутов или тонкой пелены из форсунок в поток воздуха на входе в двигатель [1].

Среднегеометрический диаметр капель для дождя составляет  $2,66 \cdot 10^{-3}$  м. Верхняя и нижняя границы распределения капель по размерам (рисунок 1) обусловлены процессами коагуляции и распада, происходящими при движении капель в воздушном потоке. Интенсивность атмосферного дождя, выраженная в виде концентрации воды в  $1 \text{ м}^3$  воздуха (рисунок 2), которая зависит от высоты относительно уровня земли [2].

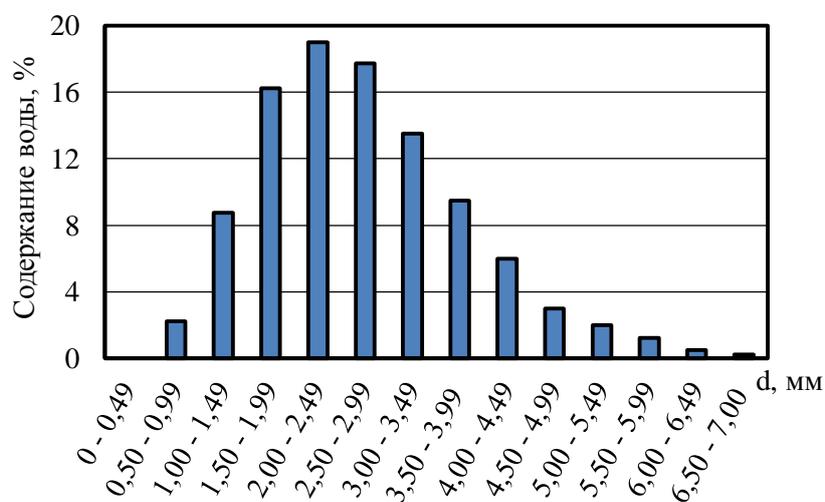
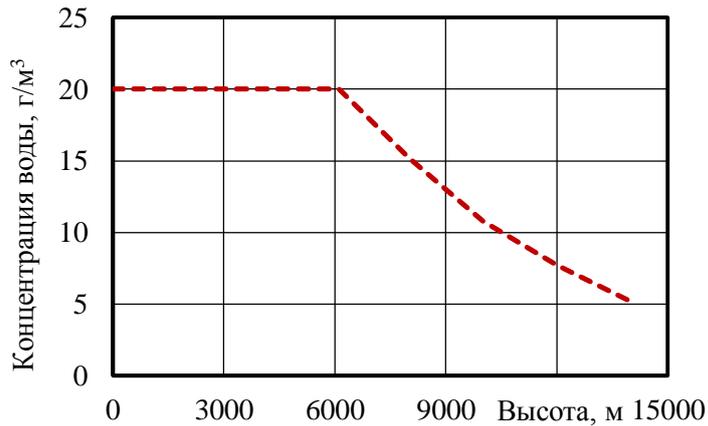


Рисунок 1. Стандартное распределение капель дождя по размеру.

Рисунок 2. Стандартная атмосферная концентрация воды в воздухе при дожде.



### Расчетные исследования параметров процесса имитации дождя

Капли медианного диаметра  $2,66 \cdot 10^{-3}$  м формируются за  $\tau = 0,0057$ с, при этом время формирования каплей всего спектра составляет  $\tau = 0,0243$  с при расстоянии от воздухозаборника двигателя  $R \geq 3$  м.

На расстоянии 5 м до воздухозаборника двигателя для избежания распада каплей необходимо поддерживать число  $We$  в диапазоне значений от 0 до 10. На режиме «малый газ» этим условиям соответствует перепад давления на форсунке  $\Delta p = 2,51 \cdot 10^5$  Па, для режима «взлет» –  $\Delta p = 10,85 \cdot 10^5$  Па. Параметры режимов приняты для двигателя ПД-14.

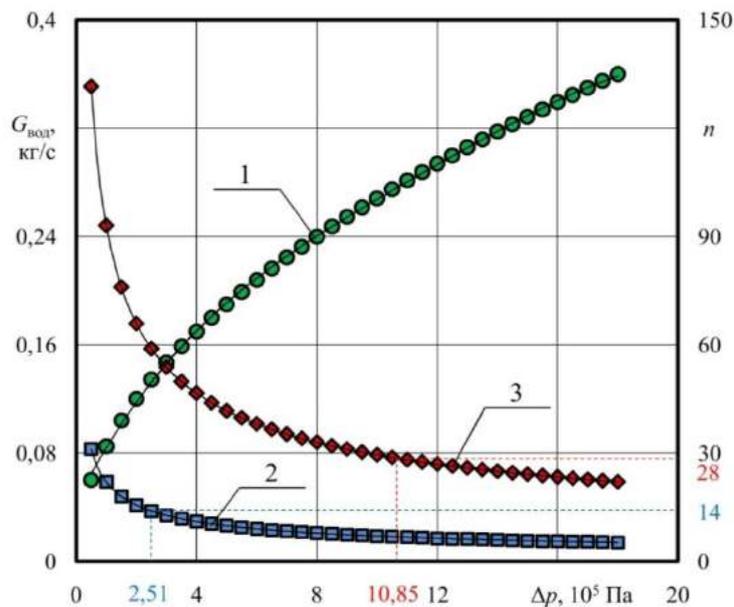


Рисунок 3. Зависимость расхода воды в двигатель одной форсунки, от перепада давления на сопле (1).

Зависимость количества форсунок, от перепада давления на их соплах (по вспомогательной оси ординат):  
2 – «малый газ»; 3 – «взлет».

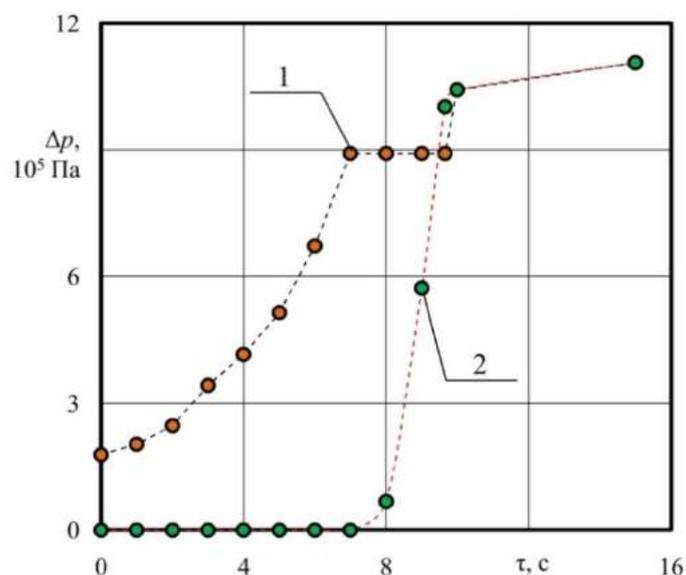


Рисунок 4. Динамика изменения перепада давления на соплах форсунок на переходных режимах работы двигателя: 1 – расход через 1-й коллектор; 2 – расход через 2-й коллектор.

Количество форсунок, достаточное для поддержания условий по концентрации воды и ее расходу для режима «малый газ» составило 14, для режима «взлет» – 30 (рисунок 3). Суммарный расход воды на промежуточных режимах работы обеспечивается последовательным подключением двух независимых по давлению коллекторов.

На стационарном режиме «малый газ» имитация ливня выполняется с использованием первого коллектора, работающего при перепаде давления  $\Delta p = 2,51 \cdot 10^5$  Па (рисунок 4). В момент времени  $\tau = 7$  с включается второй коллектор и ко времени  $\tau = 8$  с при перепаде давления  $0,67 \cdot 10^5$  Па он добавляет в поток  $0,97$  кг/с воды. К моменту  $\tau = 10$  с оба коллектора выводятся на одинаковые режимы по перепаду давления и расходу воды, забрасывая в двигатель по  $3,83$  кг/с жидкости каждый. В интервале времени от 10 до 15 с перепад давления поднимается до значения, соответствующего режиму «взлет»  $\Delta p = 10,85 \cdot 10^5$  Па на каждом из коллекторов, определяя суммарный расход воды на оба коллектора  $7,89$  кг/с.

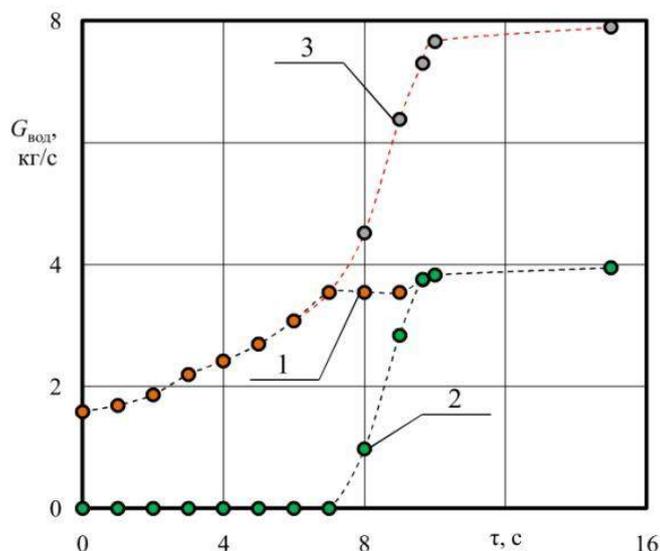


Рисунок 5. Зависимость расходов воды в двигатель, от времени: 1 – расход через 1-й коллектор; 2 – расход через 2-й коллектор; 3 – суммарный расход.

### Заключение

Разработана методика расчета термогазодинамических, конструктивных, гидравлических и расходных характеристик форсунки для требуемых режимов заброса воды в двигатель. Проведены

расчетные исследования параметров рабочего процесса и выбор оптимальных режимов работы форсунки с целью повышения интегральных параметров эффективности.

### Список литературы

1. **Калинина, К. Л.** Разработка и исследование устройства для имитации атмосферного дождя при проведении сертификационных испытаний авиационных двигателей [Текст] / К.Л. Калинина, А.И. Гурьянов // Тезисы 15-й Международной конференции «Авиация и космонавтика – 2016». – Москва, МАИ. – 2016. – С. 276 – 278.
2. Авиационные правила АП-33. Нормы летной годности двигателей воздушных судов [Текст]. – «АВАИЗДАТ», 2012. – 78 с.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИКИ ОТРЫВНОГО ДИФFUЗОРА КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГТД В УСЛОВИЯХ ВХОДНОЙ НЕСИММЕТРИНОСТИ ЭПЮРЫ СКОРОСТИ

**Гурьянова М.М., Тимофеева К.Р.**

РГАТУ имени П.А. Соловьева, РФ, г. Рыбинск

Для производителей техники авиационного и энергетического назначения одной из главных задач является повышение качества рабочего процесса газотурбинных двигателей (ГТД), характеризующееся увеличением максимальной температуры газа перед турбиной, степени повышения давления в компрессоре и в целом эффективности двигателя как тепловой машины. Отмеченные условия формируют ряд требований к одному из основных элементов ГТД – камере сгорания (КС), качество рабочего процесса и аэродинамика которой зависят от совершенства ее конструктивного исполнения.

Газодинамика течения в КС, определяющая формирование полей термогазодинамических параметров на входе в турбину, зависит от равномерности эпюры скорости воздуха за компрессором. С увеличением неравномерности возрастают гидравлические потери. Такая взаимосвязь неравномерности воздуха с гидравлическим сопротивлением камеры определяет необходимость ее учета при проектировании диффузоров КС. Таким образом, проектирование современных КС ГТД и возможность совершенствования их рабочего процесса во многом определяется характером течения в диффузоре.

Поток воздуха, поступающий из компрессора в диффузор КС, может иметь несимметричный по сечению канала профиль скорости, формируемый за счет нестационарного взаимодействия последней ступени компрессора и направляющего аппарата и остаточной закрутки потока. Для исследования влияния неравномерности входного профиля скорости на характеристики диффузора необходимо проведение аэродинамического эксперимента, заключающегося в формировании несимметричного профиля скорости перед диффузором КС. Эпюры несимметричного входного профиля получены решением обратной задачи газовой динамики. Применение методов численного моделирования позволило получить геометрию проточной части, обеспечивающую требуемую несимметричность профиля скорости. В работе [2] обоснован выбор необходимых для постановки эксперимента генераторов несимметричности.

Несимметричность профиля скорости оценивается:

$$K = \frac{W_{cp}^6}{W_{cp}^n},$$

(1)

$W_{cp}^6$  – среднерасходная скорость потока в верхнем полуканале;

$W_{cp}^n$  – среднерасходная скорость потока в нижнем полуканале.

Коэффициент гидравлических потерь, представляющий отношение потерь полного давления к скоростному напору во входном сечении диффузора определяется:

$$\xi = \frac{p_{вх}^* - p_{вых}^*}{\frac{\rho w^2}{2}}, \quad (2)$$

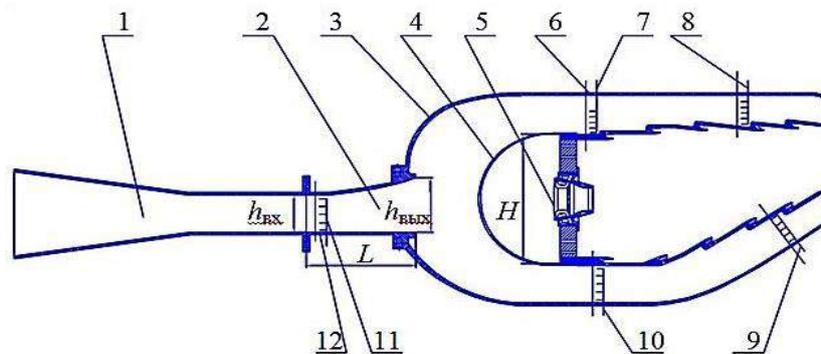
$p_{вх}^*$  - полное давление на входе в диффузор,

$p_{вых}^*$  - полное давление на выходе из диффузора,

$\rho w^2$  - динамический напор на входе в диффузор.

Экспериментальные исследования проводились на модели прямоугольной развертки 1/8 сектора отрывного диффузора кольцевой КС (рис. 1), выполненной из оргстекла в масштабе 1:1 (рис. 1). Положение жаровой трубы меняется в осевом и радиальном направлениях. В эксперименте устанавливались генераторы несимметричности с необходимыми коэффициентами  $0,14 < K < 7,4$ .

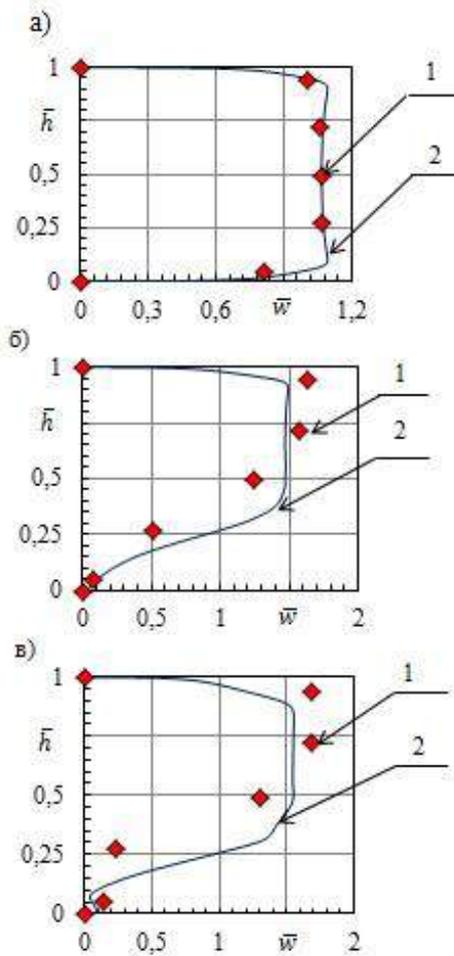
Результаты сравнения входных профилей скорости, полученные численным моделированием и обработкой результатов эксперимента, представлены на рисунке 2 а-в. Скорость набегающего потока пересчитывалась через давление, измеряемое в эксперименте с помощью пятиточечных гребенок, подсоединенных к батарейному манометру.



1 – входной участок; 2 – преддиффузор; 3, 6, 12 – отверстие для измерения статического давления; 4 – обтекатель ЖТ, 5 – фронтное устройство; 7, 8, 9, 10, 11 – пятиточечные гребенки  
Рисунок 7. Модель отрывного диффузора

В случае симметричной входной эпюры ( $K=1$ ) формирующийся турбулентный профиль адекватно описывается расчетной кривой по всем 5 опытным точкам по высоте канала. Максимальная ошибка расчета относительно эмпирических данных составляет 26%, средняя не превышает величины 7,46%.

Расчетные и экспериментальные профили скорости, искаженные генераторами несимметричности ( $0,14 < K < 7,4$ ) качественно согласуются, но погрешности несколько выше, что наиболее заметно при  $K = 4,6$  (рис. 2,в), где средняя погрешность достигает 37 %. Это связано с тем, что в расчетном профиле формирующаяся за генератором несимметричности пристенная зона обратных токов не успевает замыкаться до входного сечения преддиффузора и обуславливает оттеснение некоторой массы потока в верхний полуканал. Таким образом, среднерасходная скорость потока в верхнем полуканале больше эмпирических значений на 42,6%. Это подтверждается локальным максимумом на относительной высоте  $\bar{h} = 0,17$ , не наблюдаемого в опыте. Остальные профили скорости хорошо коррелируют между собой во всем исследованном диапазоне коэффициента несимметричности.



1 – эксперимент, 2 – численный расчет;  
 а) 1 –  $K=1,055$ , 2 –  $K=1$ ; б) 1 –  $K=2,93$ , 2 –  $K=3,475$ ;  
 в) 1 –  $K=4,6$ , 2 –  $K=6,45$

Рисунок 2. Сравнение профилей скорости

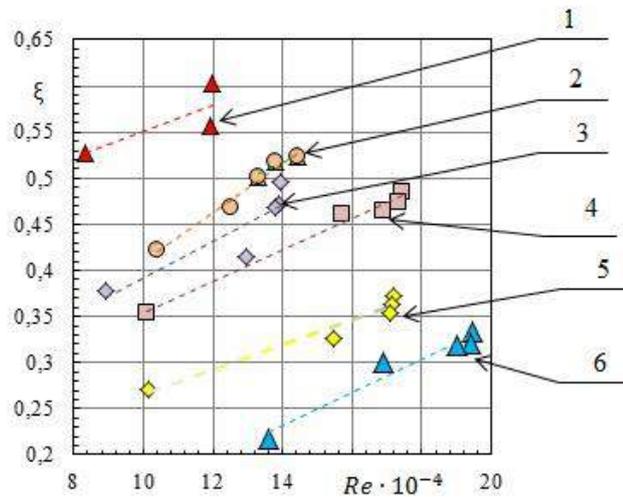
Эксперимент выполнялся в диапазоне чисел Рейнольдса  $10^5 < Re < 2 \cdot 10^5$ , определяемых по среднерасходной скорости потока и интенсивности турбулентности ( $7 \cdot 10^4 \leq \varepsilon \leq 16 \cdot 10^4$ ), которая оценивалась по зависимости (3) на основе измерений пульсаций скорости с помощью термоанемометра [1].

$$\varepsilon = (\sqrt{\Delta W^2} / W_{cp}) \cdot 100\% , \quad (3)$$

где осреднение скорости проводится по выражению  $\sqrt{\Delta \bar{W}^2} = \sqrt{\frac{1}{2\tau} \int_{t_0-\tau}^{t_0+\tau} \Delta W^2 dt}$

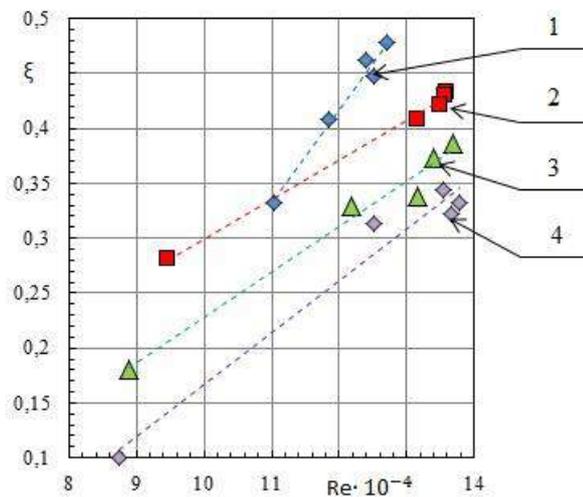
Результаты продувок диффузора с генераторами неравномерности, формирующими отличный от симметричного относительно оси канала профиль скорости на входе, показали, что коэффициент гидравлических потерь увеличивается с ростом  $K$ .

Результаты экспериментальных исследований влияния несимметричности профиля скорости на входе в преддиффузор и интенсивности турбулентных пульсаций потока на коэффициент гидравлических потерь в диффузоре представлены на рисунках 3-5.



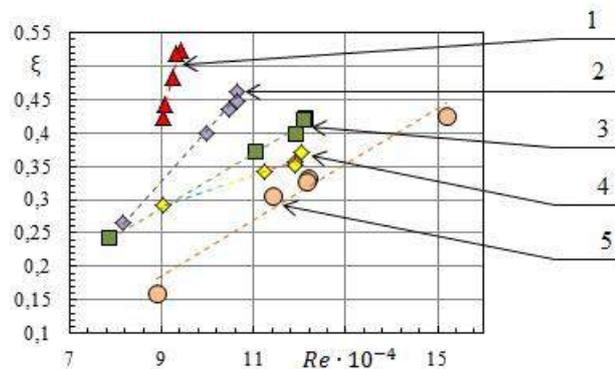
1 –  $K=1,91$ ; 2 –  $K= 3,66$ ; 3 –  $K=2,93$ ; 4 –  $K=0,93$ ; 5 –  $K=1,05$   
 $\varepsilon=0,81\%$

Рисунок 3 . Зависимость коэффициента гидравлических потерь  $\xi$  от числа Re



1 –  $K=2,93$ ; 2 –  $K= 1,91$ ; 3 –  $K=0,93$ ; 4 –  $K=1,05$   
 $\varepsilon=1,01\%$

Рисунок 4. Зависимость коэффициента гидравлических потерь  $\xi$  от числа Re



1 –  $K= 4,36$ ; 2 –  $K=2,93$ ; 3 –  $K=1,91$ ; 4 –  $K=0,93$ ; 5 –  $K=1,05$   
 $\varepsilon=1,35\%$

Рисунок 5. Зависимость коэффициента гидравлических потерь  $\xi$  от числа Re

Характерным моментом для всех полученных зависимостей является наличие минимума гидравлических потерь при равномерном профиле скорости на входе вне зависимости от интенсивности турбулентности набегающего потока.

Таким образом, при увеличении числа Рейнольдса наблюдается монотонное увеличение  $\xi$  в диапазоне  $10^5 < Re < 2 \cdot 10^5$  по линейной зависимости в среднем от 30 до 55% при различной интенсивности турбулентности набегающего потока, причем максимальным значением интенсивности турбулентности  $\varepsilon > 1,6$  соответствует максимум гидротерь. Существенный рост гидравлического сопротивления отрывного диффузора КС возникает при интенсивности турбулентности  $\varepsilon \geq 1,35\%$  при  $K \geq 2,93$ .

### Список литературы

1. Гурьянова М. М., Пиралишвили Ш. А. Влияние входной несимметричности профиля скорости и начальной интенсивности турбулентности на гидравлику отрывного диффузора камеры сгорания ГТД // *Авиационная техника*. 2016. №2. С.38-45
2. Тимофеева К.Р., Гурьянова М.М. Численное моделирование аэродинамики отрывного диффузора камеры сгорания ГТД с учетом взаимодействия потока в кольцевых каналах и течением в объеме жаровой трубы [Текст] // *Труды XXI Школы – семинара под руководством РАН А.И. Леонтьева*. Издательский дом МЭИ. 2017. С. 62-65

## СЕКЦИЯ №10.

### СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00)

#### ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ

Тупицын А.В., Багаев В.Н.

ВятГУ, РФ, г. Киров

В настоящей статье исследуется напряженно деформированное состояние конструкций экспериментальной модели. Экспериментальная модель выполнена из продольных ребер с предварительным напряжением затяжкой по верхнему сжатому поясу.

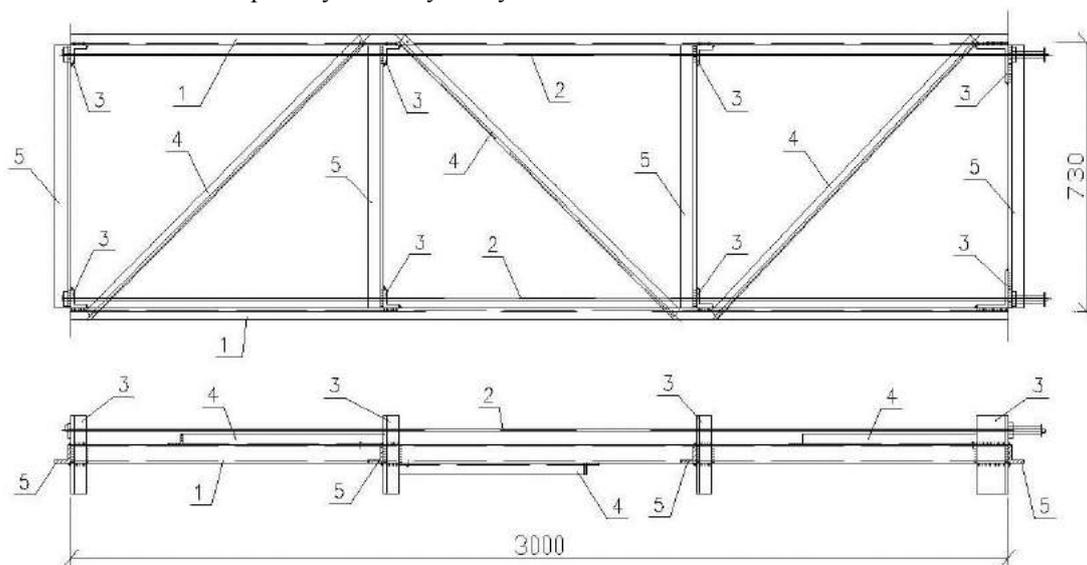


Рис. 1. Конструктивная схема предварительно напряженными панели

Конструктивная схема рассматриваемой панели показана на рис. 1. Продольные балочные ребра 1, расположены вдоль панели. Затяжка 2, в виде арматурного стержня, располагается по верхнему продольных

балочных ребер. Положение затяжки относительно оси балки регулируют стойки 3. Устойчивость продольных ребер в плоскости панели обеспечивается раскосами 4 и распорами 5.

Предварительно напряженные балочные ребра испытывают после приложения внешней нагрузки действие балочного изгибающего момента и разгружающего изгибающего момента, создаваемого самоослаблением затяжки. В результате, натяжение затяжки исключено, сечение балочных ребер испытывает действие только балочного момента, без влияния натяжения затяжки. При этом прогиб от приложения внешней нагрузки, измеряемый после приложения предварительного напряжения, создается от действия положительного балочного момента и отрицательного изгибающего момента от самоослабления затяжки.

В процессе создания предварительного напряжения, затяжка нагружает и деформирует балку (рис.2). Общая устойчивость балки в горизонтальной плоскости может быть обеспечена стержневыми распорами между смежными балками. Действие предварительного напряжения относится к постоянным нагрузкам и поэтому не учитывается при определении прогибов от временной нагрузки. Приложение временной нагрузки  $P$  на балку вызывает самоослабление затяжки  $X$  (рис.3). Величину  $X$  можно определить методом сил аналогично определению усилия самонатяжения затяжки, расположенной по нижнему растянутому поясу балки. Учет продольных упругих деформаций затяжки производится методом последовательных приближений. Уравнение методом сил имеет вид:

$$X \cdot \delta_{11} + \Delta_{1P} = \Delta_3 \quad (1)$$

В уравнении (1) обозначено:

$\delta_{11}$  – единичное перемещение опор затяжки в направлении её оси;

$\Delta_{1P}$  – перемещение опор затяжки в направлении её оси от временной нагрузки;

$\Delta_3$  – упругое уменьшение длины затяжки от действия временной нагрузки, вычисляется методом последовательных приближений (в первом приближении равно нулю).

Коэффициент  $\delta_{11}$  определяется перемножением эпюр  $\bar{M}_1$  и  $\bar{N}_1$  самих на себя в основной системе (рис.4).

$$\delta_{11} = \frac{1}{EI} \cdot (\ell \cdot d \cdot d) + \frac{\ell}{E_3 A_3} = \frac{\ell^3}{EI} \left[ \frac{d^2}{\ell^2} + \frac{EI}{E_3 A_3 \cdot \ell^2} \right], \quad (2)$$

где  $EI$  – изгибная жесткость балки;

$\ell$  – пролет балки;

$d$  – эксцентриситет оси затяжки по отношению к оси балки.

Коэффициент  $\Delta_{1P}$  определяется перемножением эпюр  $\bar{M}_1$  и  $M_P$  в основной системе (рис.4):

$$\Delta_{1P} = \frac{1}{EI} \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{\ell}{2} \cdot \frac{P \cdot \ell}{4} \cdot d \right) \cdot 2 = \frac{P \cdot \ell^2 \cdot d}{8 \cdot EI}, \quad (3)$$

$$\Delta_3 = - \frac{X \cdot \ell}{E_3 \cdot A_3}, \quad (4)$$

где  $X$  – усилие самоослабления, принимаемое из предыдущего цикла приближения (в первом приближении  $\Delta_3=0$ );

$E_3 \cdot A_3$  – продольная жесткость затяжки;

$P$  – сосредоточенная нагрузка.

Решая (1) с учетом (2), (3), (4) получим выражение  $X$

$$X = \frac{\frac{P \cdot \ell^2 \cdot d}{8 \cdot EI}}{\frac{\ell^3}{EI} \cdot \left[ \frac{d^2}{\ell^2} + \frac{EI}{E_3 \cdot A_3 \cdot \ell^2} \right]} = \frac{P \cdot \ell^2 \cdot d}{8 \cdot EI \cdot \left[ \frac{\ell \cdot d^2}{EI} + \frac{\ell}{E \cdot A} \right]}. \quad (5)$$

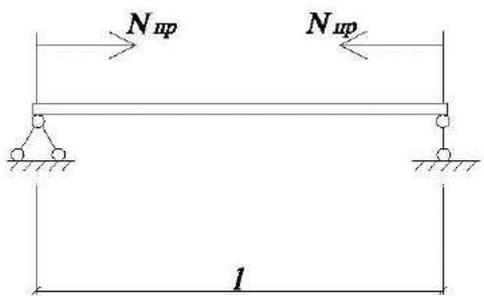


Рис.2. Схема предварительного напряжения балки.

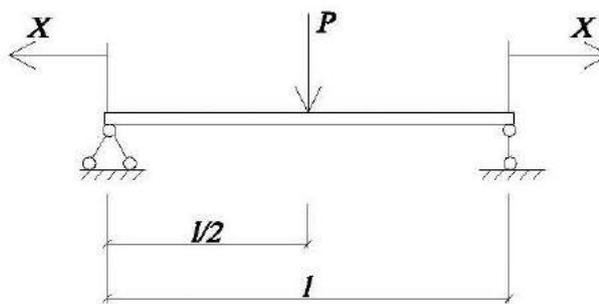


Рис.3. Основная система балки и схема нагрузок

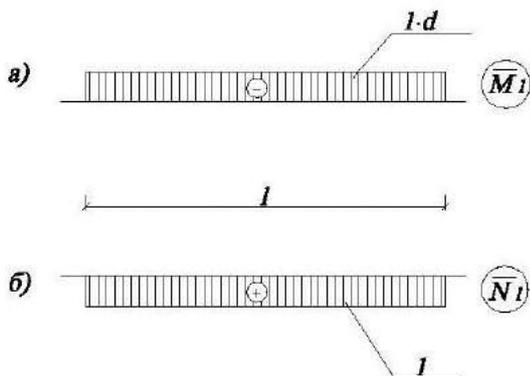


Рис.4. а) эпюра изгибающих моментов

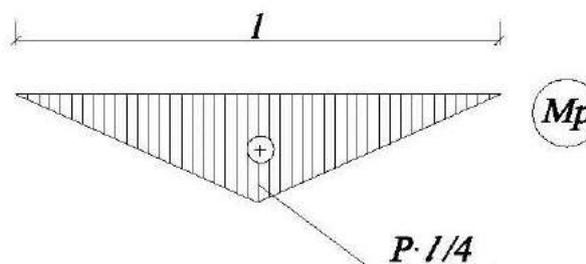


Рис.5. Эпюра  $M_p$  в основной системе.

от  $X=1$  в основной системе.

б) эпюра нормальных сил от  $X=1$  в основной системе.

**Пример расчета.**

Расчет модели, размерами 300\*73 см.

$l=281$  см – расчетная длина панели.

$P$  – сосредоточенная нагрузка (от 30 до 100кН).

Прогиб от сосредоточенной нагрузки:

$$y = \frac{1}{EI} \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{P \cdot l}{4} \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{l}{4} \right) \cdot 2 = \frac{P \cdot l^3}{EI \cdot 48};$$

Прогиб от затяжек:

$$y_{зат.} = \frac{1}{EI} \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{l}{4} \cdot X \cdot d \right) \cdot 2 = \frac{l^2 \cdot X \cdot d}{8 \cdot EI};$$

Прогиб с затяжкой:

$$y_c = y_{зат.} - y$$

$A$  – площадь сечения балки,

$W$  – момент сопротивления сечения,

$E$  – модуль упругости,

$I$  – момент инерции сечения

Все полученные данные сведены в таблицы.

Таблица 1. Постоянные величины.

L	E	I	$\delta_{11}$	W	$N_{пр}$	A	d	$A_3$	$E_3$
281	20600	15,9	0,0205	5,3	8	2,89	6,5	0,5027	20000
см	кН/см <sup>2</sup>	см <sup>4</sup>	см	см <sup>3</sup>	кН	см <sup>2</sup>	см	см <sup>2</sup>	кН/см <sup>2</sup>

Таблица 2. Усилие предварительного натяжения  $N_{\text{пр}}=8\text{кН}$ .

№	Нагрузка		Прогиб, мм		
	кг	кН	без затяжки	от затяжки	с затяжкой
1	30	0,3	2,117	1,4048	0,7122
2	40	0,4	2,823	1,8730	0,9495
3	50	0,5	3,528	2,3413	1,1869
4	60	0,6	4,234	2,8095	1,4243
5	70	0,7	4,939	3,2778	1,6617
6	80	0,8	5,645	3,7460	1,8991
7	90	0,9	6,351	4,2143	2,1365
8	100	1	7,056	4,6825	2,3739

### Список литературы

1. Дарков А. В. Строительная механика. – М.: Высшая школа, 1986. – 607 с., ил.
2. Ференчик П., Тохачек М. Предварительно напряженные стальные конструкций: Пер. с нем. – М.: Стройиздат, 1979 – 423 с., ил.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНОВОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ И НАГРУЗКИ НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНУЮ МОДЕЛЬ МЕТОДОМ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Тупицын А.В., Бобров А.С.

ВятГУ, РФ, г. Киров

В настоящей статье рассматривается оптимальный способ получения компоновочных параметров модели и нагрузки на модель для экспериментального исследования напряженно деформированного состояния конструкции модели напряженно-мембранной панели с продольными ребрами, предварительно напряженными по верхним сжатым поясам. Поставлена задача определение ее компоновочных параметров при заданных параметрах деформированного состояния – относительных прогибов, среднего сечения продольных ребер панели.

Решение задачи осуществлено математическим методом планирования эксперимента [1]. На основе этого метода получим зависимость относительных прогибов от двух относительных параметров:

$$X_1 = \frac{g \cdot \ell^3}{E \cdot I} \text{ – относительной нагрузки, } X_2 = \frac{E \cdot I}{E_3 \cdot I_3 \cdot \ell^2} \text{ – относительной жесткости напрягающей}$$

затяжки.

На рис. 1 показана поверхность отклика для двухфакторного эксперимента. Факторами являются переменные « $X_1$ » и « $X_2$ ». В точках 1, 2, 3, 4 эти факторы принимают определенные значения, которым отвечают соответствующие точки на поверхности отклика.

Конфигурация поверхности отклика.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

Целью эксперимента является либо описание этой поверхности (хотя бы приближенное) в интересной для исследователя области варьирования факторов, либо определение экстремального значения отклика.

Приведем пример планирования полного факторного эксперимента.

Имеем две входные переменные  $X_1 = \frac{g \cdot \ell^3}{E \cdot I}$  и  $X_2 = \frac{E \cdot I}{E_3 \cdot I_3 \cdot \ell^2}$ ,

одна из которых в интересующей нас области, изменяется в пределах  $0,161 \leq X_1 \leq 0,565$ , а другая в пределах  $1,5 \cdot 10^{-4} \leq X_2 \leq 4 \cdot 10^{-4}$ . В процессе проведения эксперимента найдены значения ординат поверхности отклика в граничных точках (рис. 1), приведенные в табл. 1.

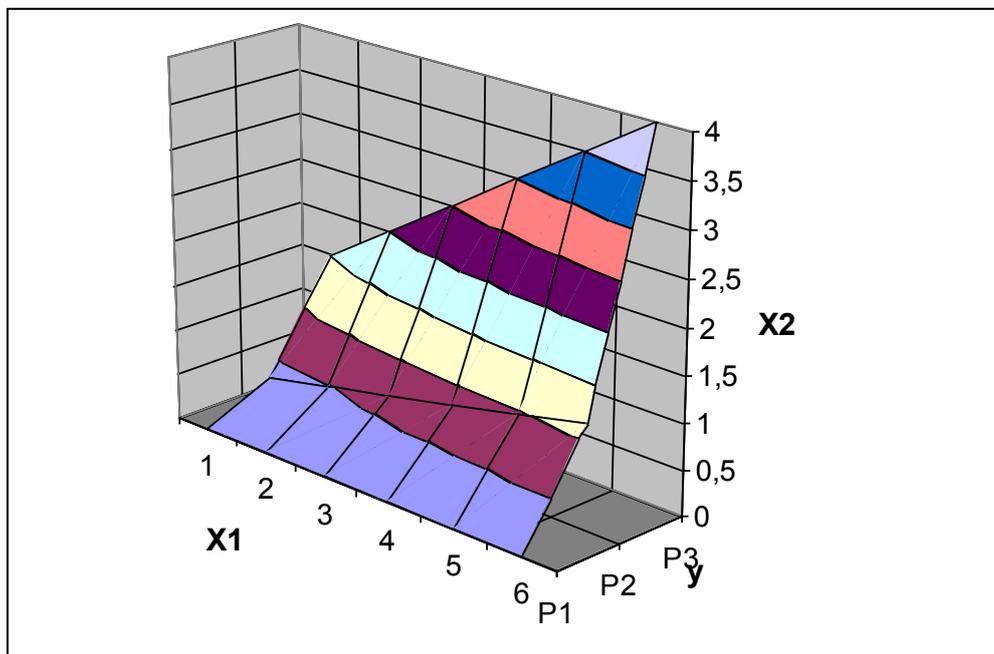


Рис. 1. Полный факторный эксперимент

Приведем пример планирования полного факторного эксперимента.

Имеем две входные переменные  $X_1 = \frac{g \cdot \ell^3}{E \cdot I}$  и  $X_2 = \frac{E \cdot I}{E_3 \cdot I_3 \cdot \ell^2}$ ,

одна из которых в интересующей нас области, изменяется в пределах  $0,161 \leq X_1 \leq 0,565$ , а другая в пределах  $1,5 \cdot 10^{-4} \leq X_2 \leq 4 \cdot 10^{-4}$ . В процессе проведения эксперимента найдены значения ординат поверхности отклика в граничных точках (рис. 1), приведенные в табл. 1.

Поставим задачу поиска аналитического выражения функции отклика в линейной постановке, т. е. дадим приближенное представление этой функции в виде:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2.$$

(2)

Таблица 1

№ точки	$X_1$	$X_2$	$y$
1	0,161	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$3,292 \cdot 10^{-3}$
2	0,565	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$13,8 \cdot 10^{-3}$
3	0,161	$4 \cdot 10^{-4}$	$3,686 \cdot 10^{-3}$
4	0,565	$4 \cdot 10^{-4}$	$14,195 \cdot 10^{-3}$

Для формализации процедур обработки экспериментальных данных факторы удобно представлять в закодированном виде. С этой целью выберем новую систему координат « $X_1$ », « $X_2$ », « $y$ » (рис. 1), начало которой совместим с центром интересующей нас области, и назначим масштабы по осям факторов так,

чтобы нижний уровень фактора соответствовал -1, а верхний – +1. Это легко достигается с помощью преобразований вида

$$x_i = (X_i - X_0) / \Delta X_i, \quad (3)$$

где  $X_i$  – кодированное значение  $i$ -го фактора;  $X_i$  – натуральное значение фактора;  $X_0$  – нулевой уровень;  $\Delta X_i$  – интервал варьирования фактора.

Для фактора  $X_1$  нулевой уровень и интервал варьирования будут равны  $X_{10} = (0,161 + 0,565) / 2 = 0,363$ ;  $\Delta X_1 = (0,565 - 0,161) / 2 = 0,202$ . Для фактора  $X_2$  имеем:  $X_{20} = (1,5 + 4) \cdot 10^{-4} / 2 = 2,75 \cdot 10^{-4}$ ;  $\Delta X_2 = (4 - 1,5) \cdot 10^{-4} / 2 = 1,25 \cdot 10^{-4}$ .

Кодированные значения факторов приведены в табл. 2. В первом и пятом столбцах этой таблицы повторены значения табл. 1. Во втором столбце приведены значения фиктивной переменной  $X_0$ , характеризующей свободный член  $b_0$  в уравнении регрессии (2). Значения  $X_0$  всегда принимают равными 1. В 3 и 4 столбцах записаны искомые кодированное значение будет  $x_{11} = (0,161 - 0,363) / 0,202 = -1$ . Подобные таблицы называют матрицами планирования полного факторного эксперимента.

Таблица 2

N точки	$x_0$	$x_1$	$x_2$	y
1	+1	-1	-1	$3,292 \cdot 10^{-3}$
2	+1	+1	-1	$13,8 \cdot 10^{-3}$
3	+1	-1	+1	$3,686 \cdot 10^{-3}$
4	+1	+1	+1	$14,195 \cdot 10^{-3}$

Все дальнейшие вычисления полностью формализованы. Коэффициент регрессии уравнения (2) определяют по формуле:  $b_i = \sum_{n=1}^N x_{in} y_n / N$ , (4)

где  $x_{in}$  – значение  $x_i$  в  $n$ -ом опыте;  $N$  – число опытов;  $y_n$  – значение отклика в  $n$ -ом опыте. Для вычисления коэффициентов регрессии по табличным данным достаточно перемножить данные столбцов  $y$  и соответствующих  $x_i$ , сложить результаты и поделить их на число опытов.

Так, по данным табл. 2 будем иметь:

$$b_0 = (3,292 + 13,8 + 3,686 + 14,195) \cdot 10^{-3} / 4 = 8,743 \cdot 10^{-3}$$

$$b_1 = (-3,292 + 13,8 - 3,686 + 14,195) \cdot 10^{-3} / 4 = 5,254 \cdot 10^{-3};$$

$$b_2 = (-3,292 - 13,8 + 3,686 + 14,195) \cdot 10^{-3} / 4 = 0,197 \cdot 10^{-3}.$$

Искомое линейное уравнение поверхности отклика в закодированных переменных будет:  $y = (8,743 + 5,254 \cdot x_1 + 0,197 \cdot x_2) \cdot 10^{-3}$ .

В натуральной (не кодированной) форме это уравнение имеет вид:

$$y = 8,143 \cdot 10^{-3} + 5,254 \cdot 10^{-3} \cdot \left( \frac{X_1 - 0,363}{0,202} \right) + 0,197 \cdot 10^{-3} \cdot \left( \frac{X_2 - 2,75 \cdot 10^{-4}}{1,25 \cdot 10^{-4}} \right) =$$

$$= -1,132 \cdot 10^{-3} + 0,026 \cdot X_1 + 1,576 \cdot X_2$$

Получим зависимость « $y$ » от « $X_1$ » и « $X_2$ » которая позволяет принять компоновочные параметры модели и нагрузку для проведения эксперимента модели в оптимальных условиях проведения эксперимента.

### Список литературы

1. Горев В.В. Математическое моделирование при расчетах и исследованиях строительных конструкций. – М.: Высшая школа, 2002 – 206 с.

## **СЕКЦИЯ №11.**

### **ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)**

## **СЕКЦИЯ №12.**

### **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)**

#### **РАЗРАБОТКА ТВОРОЖНОГО ПРОДУКТА С ДОБАВЛЕНИЕМ ЗЕЛЁНОГО ЛУКА**

**Ренёва Ю.А., Михалёва Е.В.**

ФГБОУ ВО Пермская ГСХА, г. Пермь

В последние годы в пищевой промышленности все большее внимание уделяется созданию продуктов функционального назначения, которые при систематическом потреблении оказывают благотворное и регулирующие действие на организм человека [1, 4]. Наиболее стремительный рост потребления на данном рынке демонстрируют функциональные кисломолочные продукты с добавлением растительного сырья.

Творожный продукт - молочный продукт или молочный составной продукт или молокосодержащий продукт, произведенный из творога и (или) продуктов переработки молока в соответствии с технологией производства творога с добавлением молочных продуктов или без их добавления, с добавлением немолочных компонентов, в том числе немолочных жиров и (или) белков или без их добавления, с последующей термической обработкой или без нее [5].

Сегодня для его производства используются самые передовые технологии, позволяющие дополнительно обогатить данный продукт минеральными веществами и различными витаминами, что значительно повышает его пищевую ценность.

Примером такого продукта может быть творожный продукт с зеленым луком.

Зеленый лук содержит витамины А, В1, В2, В5, холин, пиридоксин, очень много витамина С (аскорбиновой кислоты), а также токоферола (витамин Е), ниацина, ненасыщенных жирных кислот, пищевых волокон. Лечебные свойства перьев лука обусловлены наличием микроэлементов — калия, натрия, магния, кальция, железа, меди, фосфора, селена, марганца, цинка. Благодаря содержанию в нём кальция и фосфора улучшается состояние зубов: дёсна перестают кровоточить и снижается риск развития зубных болезней. В зелёном луке содержится каротин (до 5 мг), флавоноиды, фитонциды, эфирные масла, хлорофилл, который необходим для кроветворения и полезен при железодефицитной анемии. Высокое количество цинка благотворно влияет на женскую репродуктивную систему, состояние ногтей, волос, кожи. Для мужчин данный микроэлемент полезен для выработки тестостерона (мужского полового гормона) и увеличения активности сперматозоидов (при бесплодии).

Именно зелёный лук служит отличной профилактикой всех простудных заболеваний, улучшает процесс пищеварения, повышает аппетит и является противогрибковым средством.

Исследования по производству творожного продукта из коровьего молока с добавлением зелёного лука были проведены в ФГБОУ ВО Пермская ГСХА на кафедре плодоовощеводства, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции.

В первую очередь всё используемое при производстве сырья было оценено по органолептическим и физико-химическим показателям [2, 3].

Коровье молоко сырое было с чистым, без посторонних запахов и привкусов, не свойственных свежему молоку, по консистенции представляло собой однородную жидкость, без осадков и хлопьев, белого цвета. Физико-химические показатели были следующие: массовая доля жира 4,1%, массовая доля сухого обезжиренного остатка 8,2%, массовая доля белка 3,0%, плотность 1027 кг/м<sup>3</sup>, кислотность 20°Т.

Перья зелёного лука были целые, здоровые, свежие, чистые, с характерным для сорта вкусом и запахом, потребительской зрелости, длина пера лука в среднем 35 см.

Далее были разработаны рецептуры творожного продукта с добавлением зеленого лука (таблица 1).

Таблица 1

## Рецептура творожного продукта с добавлением зеленого лука

Наименование добавки	Общая масса, г	Содержание зеленого лука	
		%	г
Рецептура 1 (контроль (творог без наполнителей))	100	-	-
Рецептура 2 (творог с добавлением лука 5%)	100	5	5
Рецептура 3 (творог с добавлением лука 10%)	100	10	10
Рецептура 1 (творог с добавлением лука 15%)	100	15	15

Затем подобрали технологическую схему производства продукта, которая включала в себя следующие операции: приёмка и оценка качества молока-сырья; очистка, охлаждение и резервирование; подогрев до  $t=35-40^{\circ}\text{C}$  и сепарирование; нормализация по массовой доле жира; подогрев и пастеризация при  $t=78\pm 2^{\circ}\text{C}$ , с выдержкой 15-20 секунд; охлаждение до  $t=28^{\circ}\text{C}$ ; заквашивание и сквашивание в течение 6-8 часов; разрезание сгустка, отделение сыворотки и розлив сгустка; самопрессование и прессование сгустка; внесение наполнителей; перемешивание; фасование, упаковывание и хранение.

После выработки готового продукта была проведена его органолептическая и физико-химическая оценка качества (таблица 2) [1].

Таблица 2.

## Органолептические показатели качества

Показатель	Рецептура 1	Рецептура 2	Рецептура 3	Рецептура 4
Органолептические показатели качества				
Консистенция	мягкая, однородная,	мягкая, однородная	мягкая, однородная, с равномерным распределением зелёного лука	мягкая, однородная, с равномерным распределением зелёного лука
Вкус и запах	чистый, кисломолочный	чистый, кисломолочный, привкус зелёного лука не ощущается	кисломолочный, с лёгким вкусом и ароматом зелёного лука	кисломолочный, со вкусом и ароматом зелёного лука, горьковатым привкусом
Цвет	белый	белый, с редко встречающимися зелёными вкраплениями	белый, с редко встречающимися зелёными вкраплениями	белый, с зелёными вкраплениями
Физико-химические показатели качества				
Массовая доля белка, %	18	18	18	18
Массовая доля влаги, %	70	74	74	76
Кислотность, °Т	220	220	221	225

В результате качественной оценки не была выбрана наилучшая рецептура, потому что все показатели находились в пределах допустимых значений, которые предъявляются нормативными документами. Поэтому, для выявления наилучшей рецептуры была проведена дегустационная оценка готового продукта (таблица 3).

Дегустационная оценка готового продукта

Рецептура	Цвет	Запах	Вкус	Общий балл
1	5	3	3	11
2	4	4	4	12
3	4	4	4	12
4	5	5	4	14

В ходе дегустационной оценки была выбрана наилучшая рецептура – творожный продукт с 15% содержанием зелёного лука, в которой наблюдается более отчётливый вкус и запах наполнителя, придававший продукту специфический горьковатый привкус.

### Список литературы

1. Альхамова, Г. К. Продукты функционального назначения / Г. К. Альхамова // Молодой ученый. -2014. -№12. - С. 62–65.
2. ГОСТ 31449-2013. Молоко коровье сырое. Технические условия. – Введ. 2014-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 5 с.
3. ГОСТ Р 55652-2013. Лук зелёный свежий. Технические условия. – Введ. 2014-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 7 с.
4. Ермакова, Е. Е. Современное состояние и перспективы развития молочной промышленности РФ / Е. Е. Ермакова, Ш. А. Атабаева // Молодой ученый. — 2014. — №7. — С. 338-340.
5. Федеральный закон Российской Федерации от 09 октября 2013 г. N 67- Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033-2013). – Введ. 2014-05-01. – Москва: "РГ", 2013.

### СЕКЦИЯ №13.

#### ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)

### СЕКЦИЯ №14.

#### ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)

#### АВТОМАТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Чупин Д.П.

ОмГТУ, РФ, г. Омск

Задача автоматической классификации аккумуляторных батарей (АБ) сегодня является актуальной. Связано это со сложностью интерпретации измеренных параметров АБ при диагностике и последующего отнесения ее к определенному классу (например, исправна/ неисправна).

В качестве алгоритма автоматической классификации рассмотрим метод, основанный на вычислении степени отклонения измеряемой величины от реперных точек шкалы измерения и описанный в [1, 2, 3].

Принцип работы алгоритма заключается в том, что каждой реперной точке (метке) шкалы присваивается условный порядковый номер – *ранг*. Затем для каждого значения измеренной величины формируется список рангов реперных точек, с упорядоченностью свойственной только этому значению.

Впоследствии определяется степень упорядоченности этого списка, которая выражается в числе  $M_K$  принадлежащем отрезку  $[-1;1]$ .

Предположим необходимо провести классификацию 16-ти АБ по значениям их резервных емкостей  $R_c$  (табл. 1).

Таблица 1

№ АБ	Резервная емкость $R_c$ , мин.	№ АБ	Резервная емкость $R_c$ , мин.	№ АБ	Резервная емкость $R_c$ , мин.	№ АБ	Резервная емкость $R_c$ , мин.
41	41,4	45	44,1	60	43,4	82	44,1
42	42,6	52	42,5	62	43,4	83	44,1
43	44,1	53	43,1	63	44,0	84	44,3
44	42,6	54	43,1	81	44,1	85	44,4

Выберем 4 реперных точки, так чтобы они были равномерно распределены в диапазоне выборки резервных емкостей. Пусть это будут значения  $\{41,4; 42,3; 43,4; 44,3\}$ . Они упорядочены по возрастанию и имеют соответствующие порядковые номера. Так же зададим «прямой» список реперных точек -  $\{1;2;3;4\}$ , и «обратный» -  $\{4;3;2;1\}$ . Далее по алгоритму вычисляются абсолютные отклонения  $\Delta R_{c_N}$  измеренной величины  $K$ -той батареи от каждой реперной точки

$$\Delta R_{c_N} = |RT_N - R_{c_K}|$$

где  $N$  – порядковый номер реперной точки,  $N=1,2,\dots,4$ ;  $RT_N$  – значение  $N$ -ной реперной точки, мин;  $R_{c_K}$  – значение резервной емкости  $K$ -той АБ, мин.

Например, для АБ № 54  $R_{c_{54}} = 43.1$  мин, тогда (см. табл. 1)

$$\Delta C_{R1} = |41,4 - 43,1| = 1,7$$

$$\Delta C_{R2} = |42,3 - 43,1| = 0,8$$

$$\Delta C_{R3} = |43,4 - 43,1| = 0,3$$

$$\Delta C_{R4} = |44,3 - 43,1| = 1,2$$

Далее упорядочим значения  $\Delta R_{c_N}$  по возрастанию

$$\Delta R_{c_3} = 0,3$$

$$\Delta R_{c_2} = 0,8$$

$$\Delta R_{c_4} = 1,2$$

$$\Delta R_{c_1} = 1,7$$

и из индексов  $N$  составим список  $\{3;2;4;1\}$ . Это список рангов реперных точек, свойственный именно этому значению резервной емкости.

Теперь определим степень его упорядоченности по отношению к «прямому» и «обратному» спискам реперных точек. Для этого вычислим модули разностей матриц

$$\begin{Bmatrix} \Delta Nd_1 \\ \Delta Nd_2 \\ \Delta Nd_3 \\ \Delta Nd_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} 3 \\ 2 \\ 4 \\ 1 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 2 \\ 0 \\ 1 \\ 3 \end{Bmatrix}, \quad (1)$$

$$\begin{Bmatrix} \Delta Nr_1 \\ \Delta Nr_2 \\ \Delta Nr_3 \\ \Delta Nr_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 4 \\ 3 \\ 2 \\ 1 \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} 3 \\ 2 \\ 4 \\ 1 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \\ 2 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (2)$$

Физический смысл выражений (1) и (2) заключается в определении количества переходов  $\Delta Nd_i$  и  $\Delta Nr_i$ , необходимых для каждого из  $i = 4$  элементов списка рангов измеренного значения  $R_c$ , для того чтобы

два сравниваемых списка стали идентичны друг другу. Так, чтобы список измеренного значения {3;2;4;1} стал идентичен, например, «обратному» списку реперных точек {4;3;2;1} необходимо первый  $N_1 = 3$  и второй  $N_2 = 2$  его элемента переместить на один ранг ниже, третий элемент  $N_3 = 4$  переместить на 2 ранга выше, а элемент  $N_4 = 1$  оставить на своем месте (переместить на 0 рангов) (рис. 1).

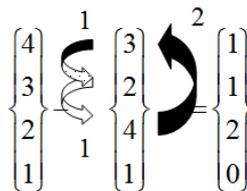


Рис. 1. Физический смысл выражений (1) и (2)

Далее нужно просуммировать каждый элемент матриц-результатов выражений (1) и (2)

$$2 + 0 + 1 + 3 = 6$$

$$1 + 1 + 2 + 0 = 4$$

Разность расстояний измеряемой величины до прямого и обратного списков равна

$$\Delta = 6 - 4 = 2$$

Расстояние между прямым и обратным списками равно

$$\left| \begin{array}{c} 4 \\ 3 \\ 2 \\ 1 \end{array} \right| - \left| \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \right| = \left| \begin{array}{c} 3 \\ 1 \\ 1 \\ 3 \end{array} \right|$$

$$3 + 1 + 1 + 3 = 8$$

Теперь можно вычислить относительное отклонение  $M_K$  измеренной величины  $R_{c_{54}}$  (степень упорядоченности списка [1]) от крайних реперных точек шкалы.

$$M_{54} = 2/8 = 0,25$$

Проведя такие вычисления для всех АБ из табл. 1 мы получим 5 значений отклонения  $M_K$  соответствующие 5-ти классам (табл. 2).

Таблица 2

№ класса\ $M_K$	1 \ 1.00							
№ АБ	43	45	63	81	82	83	84	85
$R_c$ , мин	44,1	44,1	44,0	44,1	44,1	44,1	44,3	44,4
№ класса\ $M_K$	2 \ 0,75		3 \ 0,25		4 \ -0,25			5 \ -1.00
№ АБ	60	62	53	54	42	44	52	41
$R_c$ , мин	43,4	43,4	43,1	43,1	42,6	42,6	42,5	41,4

В класс № 1 ( $M_K = 1$ ) попали батареи с наивысшим значением резервной емкости. В класс № 5 ( $M_K = -1$ ) напротив попала наихудшая батарея из представленных. Классы №№ 2, 3, 4 присвоены батареям со средними значениями резервных емкостей (см. табл. 2).

Зависимость отклонения  $M_K$  от резервной емкости  $R_c$  описывается сигмоидальной функцией (рис. 2). Уравнение этой функции имеет вид

$$M_K = a + \frac{b}{1 + \exp\left(-\frac{R_c - c}{d}\right)} \quad (3)$$

где  $a, b, c, d$  – коэффициенты алгебраического уравнения (3)

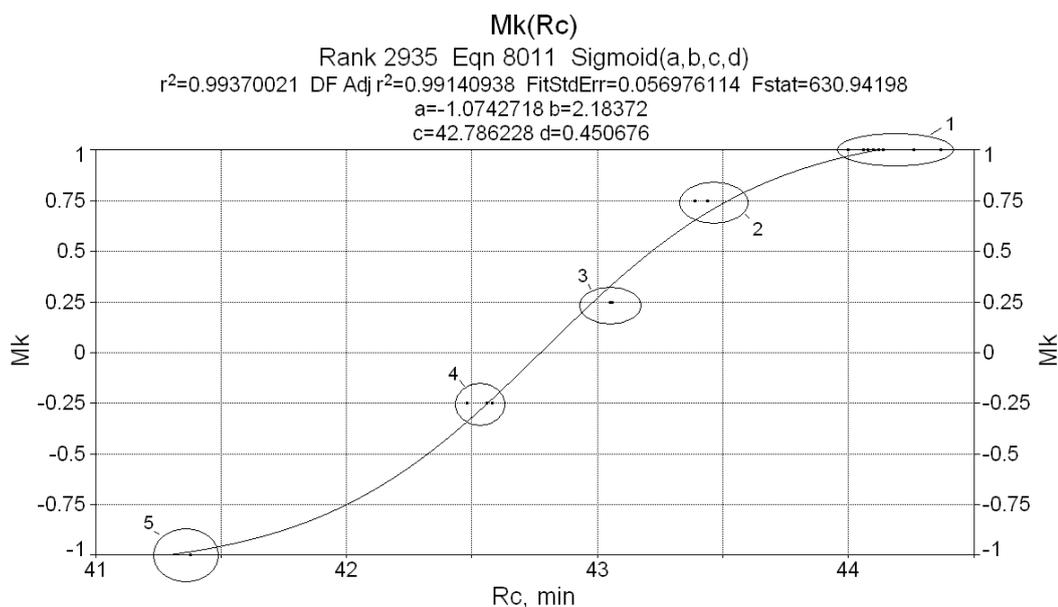


Рис. 2. Зависимость отклонения  $M_K$  от резервной емкости  $R_c$ . 1, 2, 3, 4 и 5 – номера классов (см. табл. 2).

Однако приведенный выше пример классификации неудобен для применения на практике, ведь процедура измерения резервной емкости - это длительный процесс (от 30 до 300 минут в зависимости от емкости). Современные анализаторы АБ [6] позволяют получить значение внутреннего сопротивления АБ за 10-15 секунд. Поскольку внутреннее сопротивление АБ хорошо коррелирует с емкостью АБ [5], то перспективным направлением должна стать классификация АБ по ее внутреннему сопротивлению.

#### Список литературы

1. Горшенков, А.А. Лингвистическая модель классификационных измерений распределений сигналов [Текст] / Горшенков А.А., Кликушин Ю.Н., Кобенко В.Ю. // Измерительная техника, Москва: Изд-во «Российский научно-технический центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия», – 2013. - № 1. – С. 23-27.
2. Губарев, В.В. Классификационные измерения: методы и реализация [Текст] / В.В. Губарев, А.А. Горшенков, Ю.Н. Кликушин, В.Ю. Кобенко // Автотметрия. – 2013. – Т. 49. – № 2. – С. 76-84.
3. Кликушин, Ю.Н. Способ лингвистической интерполяции результатов измерений [Текст] / Ю.Н. Кликушин, В.Ю. Кобенко, Д.П. Чупин // Омский научный вестник. Серия приборы, машины и технологии. – 2014. – № 2 (130). – С. 191-194.
4. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта [Текст] / ред. Д.А. Поспелов. – Москва: Наука, 1986. – 312 с.
5. Чупин, Д. П. Методы диагностики аккумуляторных батарей / Д. П. Чупин // Измерение, контроль, информатизация : материалы Тринадцатой Междунар. науч.-техн. конф. Т. 1. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2012. – С. 164–168.
6. Чупин, Д.П. Проведение экспериментальных исследований с использованием анализатора аккумуляторных батарей АЕА30V [Текст] / Д.П. Чупин // Природные и интеллектуальные ресурсы Омского региона (Омскресурс-3-2013): материалы III Межвузовской научной конференции студентов и аспирантов. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2013. – С. 133-135.

#### СЕКЦИЯ №15.

#### ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)

## **СЕКЦИЯ №16.**

### **БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00)**

## **СЕКЦИЯ №17.**

### **ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)**

## **СЕКЦИЯ №18.**

### **ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)**

#### **ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФАКТОРЫ ВЫБОРА СИСТЕМЫ КОЛЛЕКТИВНОЙ РАБОТЫ**

**Толкачева С.А.**

Пензенский государственный университет, РФ, г. Пенза

Аннотация: Статья посвящена анализу систем коллективной работы. Исследованы основные функции и назначение основных элементов подобных систем, определены тенденции развития. Разработан план действий для выбора подходящей системы коллективной работы.

Ключевые слова: КОЛЛЕКТИВНАЯ РАБОТА, СИСТЕМЫ КОЛЛЕКТИВНОЙ РАБОТЫ, ДОСТУП К ОБЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ, КОММУНИКАЦИЯ, ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

В условиях постоянного роста информации и потребностей общества максимально большую прибыль от деятельности предприятия можно получить только при эффективной организации коллективной работы. Кроме таких основных факторов, как грамотное руководство, большой опыт сотрудников и психологическая совместимость в коллективе, на эффективность совместной деятельности влияет выбор системы коллективной работы. Применение подобной системы означает создание единого информационного пространства, в которое будут вовлечены все сотрудники предприятия [1]. Следовательно, нахождение или же создание наиболее подходящей и наименее затратной системы коллективной работы есть сложная и актуальная задача. Для правильного выбора необходимо разобраться в том, какие функции могут выполняться данными системами, из каких элементов может состоять система.

Система коллективной работы – это программное обеспечение, которое улучшает совместную работу в компаниях разного размера и разной области деятельности, а также в территориально распределенных подразделениях компаний. Данное программное обеспечение реализуется в локальных или распределенных сетях. В составе таких систем множество элементов, которые рассмотрены ниже.

Электронная почта – это самый распространенный элемент систем групповой работы. Почта используется для обмена электронными сообщениями и файлами, которые вложены в эти сообщения. В электронной почте можно настроить фильтрацию сообщений, благодаря чему можно обеспечить получение только самых важных писем и быстрое нахождение информации для принятия решений в компании.

Как разновидность электронной почты существуют форумы и чаты. В них беседы создаются и систематизируются по темам модераторами.

Средства проведения конференций позволяют проводить совещания с территориально удаленными сотрудниками в режиме реального времени. Для проведения конференции можно использовать не только компьютеры, но также мобильные устройства и различные средства мультимедиа. Также возможно проведение телеконференций, которые подразумевают нахождение групп взаимодействующих сотрудников в специально оборудованных помещениях. В таких помещениях есть экран общего пользования и канал связи, соединяющий компьютеры пользователей. Выходит, что каждый участник телеконференции видит общую область, где представлена информация для всех, а также свою личную рабочую область, где открыто окно индивидуального программного приложения.

Средства коллективного оформления документации позволяет любому сотруднику совместно с коллегами вносить изменения в любом документе компании. Чтобы реализовать возможность

коллективного оформления документации, необходим файловый сервер с базой данных, который будет соединен с компьютерами сотрудников по сети. Важно, чтобы система определяла место расположения документов и их пути перемещения, осуществляла контроль актуальности и целостности документов, а также контролировала правильность заполнения документов, требующих утверждения со стороны руководителя. Целостность и совместное использование данных осуществляется благодаря системе управления базами данных для рабочих групп.

Средства планирования деятельности помогают грамотно составить расписание коллектива в течение дня, недели, месяца и более долгих сроков, что сводит к минимуму разного рода накладки. Сотрудник, ориентируясь в персональном и групповом расписании, может проконтролировать сроки исполнения требуемых работ.

Системы для поддержки коллективного принятия решения предполагают, что по сети соединены компьютеры сотрудников и экран общего пользования для отображения вводимой информации. Коллективное использование этой информации помогает принять решение по неструктурированным вопросам. Также системы принятия решений предоставляют возможность анонимно предлагать идеи, проводить голосование, ранжировать предлагаемые альтернативные решения.

Системы коллективной работы различаются по выполняемым основным функциям. Возможности данных систем: во-первых, поддерживать подготовку и принятие решений, во-вторых, управлять процессами совместной работы, задачами и контактами организации, в-третьих, управлять коммуникациями, в-четвертых, обеспечивать сбор, обработку, поиск и совместное пользование общей информацией, в-пятых, обеспечивать получение и формирование знаний. Следовательно, в системах коллективной работы разного назначения выделяются разные основные элементы. Так, например, основные элементы системы для управления коммуникациями – электронная почта, средства проведения конференций, форумы и чаты, а в системах для обеспечения процесса пользования общей информацией главными элементами являются системы управления базами данных для рабочих групп, средства планирования деятельности, средства коллективного оформления документации.

Системы групповой работы могут быть коммерческими или с открытой лицензией. Коммерческие системы (Lotus Domino, Microsoft Exchange, Novell GroupWise) имеют высокую стоимость, их использование рационально только в крупных фирмах. А системы с открытой лицензией (Zimbra Collaboration Suite) стоят гораздо меньше, причем стоимость не определяется количеством рабочих мест. Такое преимущество неизбежно сопровождается недостатками, основные из которых – нехватка части функциональных возможностей, имеющихся у коммерческих продуктов, и сложность интеграции с офисными программами [3].

В настоящее время замечаются следующие тенденции развития систем коллективной работы. Во-первых, стремление к созданию все более тесной связи систем групповой работы и Интернет-технологий. Это связь позволит упростить установку программ коллективной деятельности и позволит обойти любые ограничения брандмауэров. Во-вторых, стремление к использованию новых синхронных технологий в системах коллективной работы. Применение синхронной технологии позволит в режиме реального времени выполнять совместную работу большего количества пользователей и видеть вносимые изменения всем пользователям одновременно. В-третьих, стремление к появлению систем для коллективов больших размеров. Такие системы будут направлены на обмен данными не только между сотрудниками предприятия, но и с клиентами и поставщиками, что позволит управлять всей деятельностью предприятия. В-четвертых, стремление к созданию систем коллективной работы как средства управления знаниями. Техника управления знаниями подразумевает управление базами данных, что позволит осуществлять более быстрый поиск необходимой информации во всех имеющихся базах, так как будет проиндексирован весь текст всех сообщений, документов и задач в системе коллективной работы [2].

Таким образом, чтобы совершить верный выбор системы коллективной работы, необходимо совершить следующие действия. Требуется определить основную функцию, которую будет выполнять система. Это сузит круг поиска необходимого программного обеспечения. Далее в системах выбранного назначения следует обратить внимание на то, как реализованы требуемые элементы системы. Следующим шагом определить, внедрение какой системы коллективной работы принесет большую выгоду компании: готовое коммерческое программное обеспечение, готовое программное обеспечение с открытой лицензией или разработанная специально для организации система.

Каждая компания, следуя данной последовательности действий, совершит правильный для себя выбор системы коллективной работы. Применение системы решит целый ряд задач: ускорится обмен

данными между сотрудниками, уменьшатся денежные затраты на командировки и переговоры с сотрудниками удаленных подразделений, уменьшатся затраты времени на нахождение нужной информации и решение общей задачи. Данные преимущества и тенденции в развитии систем коллективной работы определяют настоящее и будущее значение данных систем для успешной деятельности любого предприятия.

### Список литературы

1. Буханцев А.С. Информационное обеспечение в управлении предприятием / А.С. Буханцев. – Изд-во: Юнити-Дана, 2007.
2. Острейковский В.А. Автоматизированные информационные системы в экономике / В.А. Острейковский. – М.: Приор, 2000. – 165 с.
3. Островская Н., Булавин П. Системы для организации групповой работы технологии GroupWare / Н. Островская. – М.: Приор, 2000.

### СЕКЦИЯ №19.

### НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)

### СЕКЦИЯ №20.

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)

#### ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА STATISTICA И MS EXCEL ДЛЯ ОБРАБОТКИ БИМЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Тишакова К. Д., Корсунова Е. С.

ДГТУ, РФ, г. Ростов-на-Дону

Пакет STATISTICA очень удобен для статистического анализа многомерных данных, а так как практически все виды биомедицинской информации представляют собой многомерные массивы данных, то навыки работы с рассматриваемым программным продуктом являются необходимым требованием для проведения научных исследований в медицинской практике.

Ранее уже упоминалось об удобстве работы с данной системой [2]. Рассмотрим некоторые достоинства пакета STATISTICA по сравнению с MS Excel на примере исследования выборки показателей биохимического анализа крови. В первую очередь отметим удобство работы с графическими средствами программы.

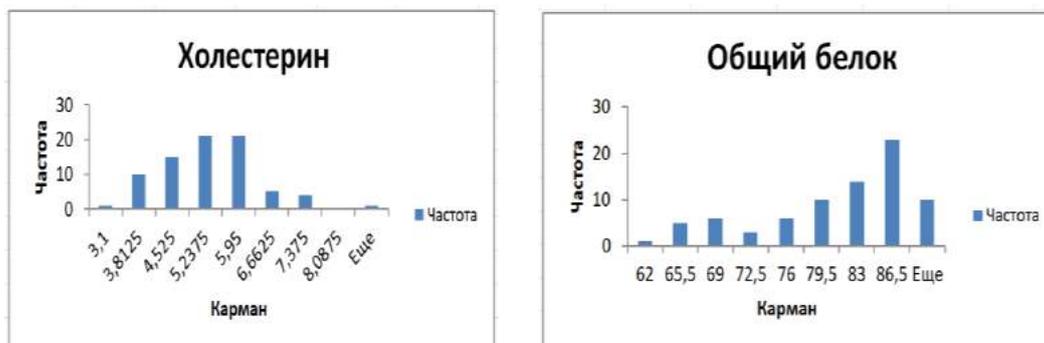


Рис. 1 – Построение гистограмм в MS Excel

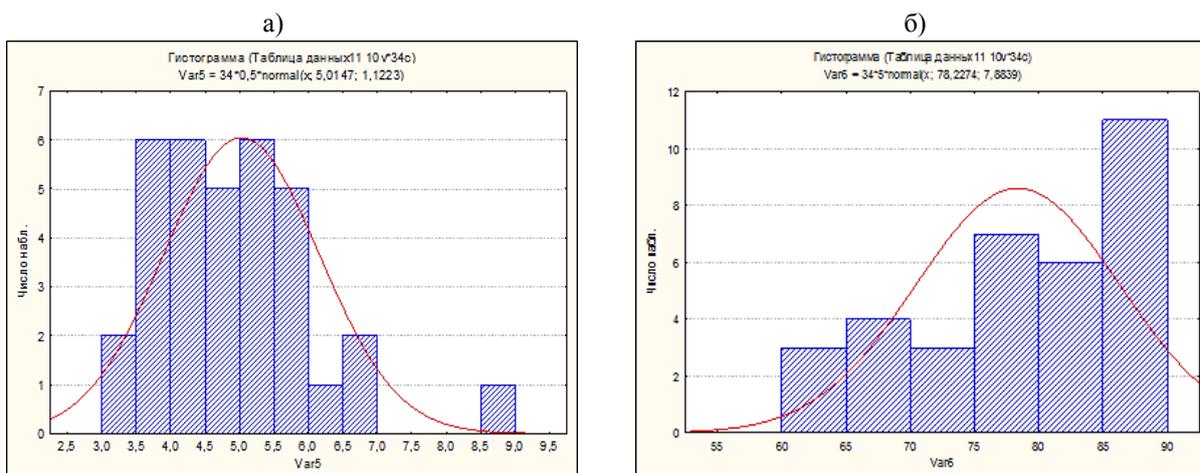


Рис. 2 – Построение гистограмм в STATISTICA: а) гистограмма показателя холестерина: б) гистограмма показателя общий белок

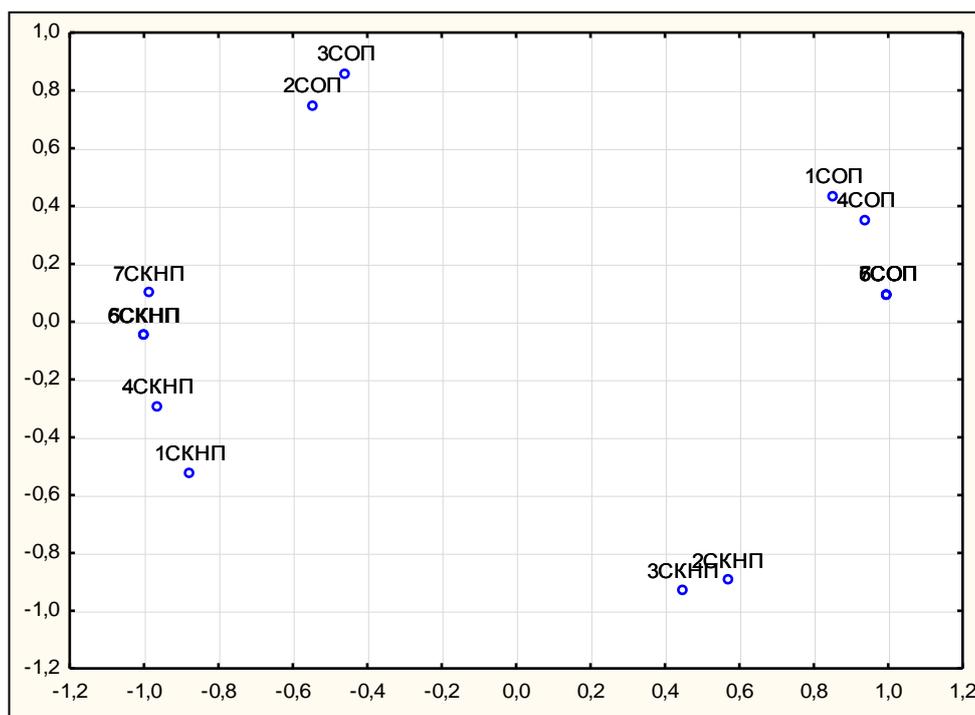
Визуальный анализ гистограмм, приведенных на рисунках 1 и 2, позволяет сделать вывод, что более корректными являются результаты статистического анализа, полученные средствами пакета STATISTICA. На все гистограммы автоматически наложена кривая нормального распределения, что очень удобно для дальнейшего анализа данных. Кроме того, редактирование графиков в пакете STATISTICA более удобно для пользователя.

Очень часто в процессе исследования биомедицинской информации требуется выполнить проверку нормальности распределения выборки. Для этого чаще всего используется критерий Стьюдента [3]. Данный расчет выполняется с помощью специального модуля в пакете STATISTICA и не требует введения дополнительных формул и элементов, как это необходимо сделать в MS Excel.

Расчет показателей описательной статистики также кажется нам более уместным в программе STATISTICA, хотя выполнение данной операции в обеих программах аналогично. Однако мы считаем, что для анализа многомерного массива данных удобнее таблица с результатами расчетов, которая формируется в специальном модуле пакета STATISTICA. Кроме того, данный программный продукт позволяет объединить результаты вычислений в одну общую таблицу по разным переменным, что является проблематичным в пакете MS Excel.

Ещё одним достоинством программы STATISTICA является возможность выполнения более сложных видов статистического анализа без необходимости введения формул. Различные виды анализа (кластерный, факторный, дискриминантный и др.) реализуются с помощью специального модуля, позволяющего пользователю выбрать необходимые параметры расчета. Рассмотрим пример выполнения многомерного шкалирования в пакете STATISTICA. Это метод широко используется в научно-исследовательской практике для выявления степени сходства или различия между исследуемыми выборками. Он применяется для анализа сложных электрофизиологических сигналов и больших массивов данных [1].

На рисунке 3 представлены результаты сравнения значений спектральной оптической плотности (СОП) и спектральным коэффициентом направленного пропускания (СКНП) семи светофильтров, используемых для выполнения лабораторного анализа с помощью спектрофотометров. Названные характеристики являются наиболее значимыми для выяснения точности работы светофильтров. По графической интерпретации результатов многомерного шкалирования, приведенной на рисунке 3, можно прийти к следующему выводу: по показателям спектрального коэффициента направленного пропускания и спектральной оптической плотности пятый и шестой светофильтры работают одинаково. Первый и четвертый, четвертый и пятый, третий и второй, четвертый и шестой, шестой и седьмой, пятый и седьмой светофильтры очень близки по своим показателям. В результате проведения многомерного шкалирования выявлено, что пятый и шестой светофильтры могут быть взаимозаменяемыми, что приведет к меньшим затратам времени на проверку оборудования.



Пакет STATISTICA является наиболее динамично развивающимся статистическим пакетом и по многочисленным рейтингам является мировым лидером на рынке статистического программного обеспечения. Помимо общих статистических и графических средств в этой системе имеются специализированные модули, например, для проведения социологических или биомедицинских исследований, решения технических и промышленных задач, – карты контроля качества, модули анализа процессов и планирования эксперимента. Пользователь может добавить собственную панель инструментов с тем или иным методом статистического анализа. Несомненным достоинством пакета является возможность дописывать (наращивать) систему при помощи встроенного языка программирования.

Одним из немногих, но важных недостатков пакета STATISTICA является её цена, превышающая в десятки раз стоимость пакета MS Office. Поэтому статистический анализ биомедицинских данных средствами пакета MS Excel более распространен в научной и образовательной практике. Однако, в процессе подготовке студентов по направлению 12.03.04 и 12.04.04 должны рассматриваться оба программных продукта для обеспечения высокой конкурентоспособности выпускника на рынке труда.

### Список литературы

1. Новикова А.И. Анализ ЭЭГ пациентов с дисциркуляторной энцефалопатией методом \ многомерного шкалирования / А.И. Новикова, К.А. Мороз, Е.А. Кижеватова / Инновационные технологии в науке и образовании Сборник научных трудов научно-методической конференции, посвященной 85-летию ДГТУ. 2015. С. 213-217.
2. Мороз К.А. Применение одновыборочного критерия Стьюдента для проверки нормальности распределения медико-биологических данных / К.А. Мороз, И.К. Цыбрий, С.А. Акимов, А.А. Моисеева / Инновационные технологии в науке и образовании. Сборник научных трудов научно-методической конференции, посвященной 85-летию ДГТУ. 2015. С. 461-464.
3. Мороз К.А. Применение современных пакетов прикладных программ для анализа биомедицинской информации / К.А. Мороз, Г.Л. Кузнецов, А.А. Трембицкий / Промышленные АСУ и контроллеры. 2012. № 3. С. 18-21.
4. Цыбрий И.К. Статистическая обработка экспериментальных данных / И.К. Цыбрий / Ростов-на-Дону, 2010. Том 1

**СЕКЦИЯ №21.**  
**МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ**  
**(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08)**

**ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЕМ СИСТЕМ  
ТИПА “СУДНО”**

**Артюшина Т.Г.**

к.т.н., доцент кафедры “Высшая математика”

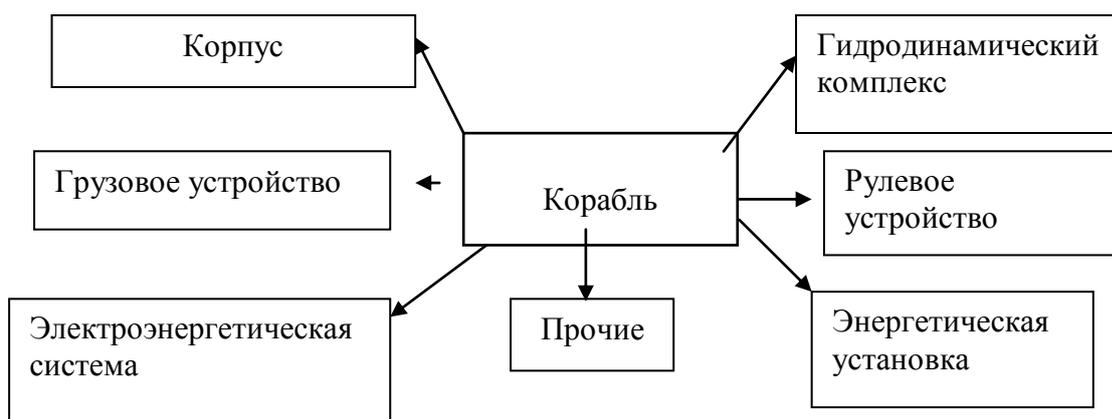
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, г. Москва

По объему и по виду заказов судостроение занимает особое место среди отраслей промышленности. Для изделий этой отрасли, отличающихся многообразием форм и размеров, характерна единичность производства. В виду больших затрат, связанных со строительством судна в одном экземпляре, создание прототипа экономически не оправдано, поэтому весь этап проектирования должен проводиться на ЭВМ. Кроме того, известно, что судостроительная продукция является очень наукоемкой и технологически насыщенной. Наряду с разработками традиционных типов торговых судов, морских пассажирских лайнеров и военных кораблей, развивается проектирование специальных судостроительных сооружений, таких как морские платформы различного назначения, скоростные суда с нетрадиционной формой корпуса. Поэтому автоматизация процесса проектирования судна долгое время представлялась как весьма затруднительная задача. Тем не менее, на протяжении нескольких десятилетий разрабатывались программные пакеты, решающие вопросы, связанные с автоматизированным проектированием в судостроении. В результате этого возникла проблема обмена данными между приложениями, созданными разными фирмами-производителями программного обеспечения в разное время. Традиционно данную проблему чаще всего решали в частном порядке с помощью написания драйверов для связи приложений. Столь популярный в различных областях деятельности метод «заплаток» показал себя в данном случае как неэффективный и неоправданно дорогой. Это было связано с тем, что информационные технологии устаревали намного быстрее, чем оборудование. Таким образом, наиболее актуальной на сегодняшний день проблемой является проблема взаимодействия различных объектов «судостроения», написанных на различных языках программирования. Это проблема является не только проблемой данной отрасли. Она актуальна для многих отраслей промышленности. Начиная с 70-х годов, лучшие программисты в связке со специалистами из других областей стараются решить все вопросы, связанные с данной проблемой. Так, были разработаны несколько моделей параллельного программирования (модель обмен сообщениями, модель процесс-канал, модель параллелизм данных, модель общая память), но, как правило, все они были жестко привязаны к конкретной архитектуре компьютера. Появление на мировом рынке суперкомпьютеров не решило, особенно в России, данной проблемы, а еще более обострило ее. Это связано с тем, что современная ситуация в судостроении осложняется проявлением общих тенденций падения цен на проектирование, постройку судов и сокращения оборонных бюджетов, которые всегда составляли значительную долю инвестиций в развитие судостроительной отрасли. При сложившейся в нашей стране ситуации покупка суперкомпьютеров для большинства организаций практически не реальна. Следовательно, покупка дорогостоящего оборудования и САПР не являются панацеей при автоматизации процесса проектирования судна. На сегодняшний момент, назрела необходимость в новом подходе в проектировании судна. Этот подход базируется на параллельных вычислениях в проектировании. При данном подходе судно воспринимается как сложная многоуровневая система, состоящая из определенного числа независимых объектов, между которыми установлены связи, и оптимизация одного из объектов судна сразу приводит к изменениям в других объектах и судна в целом. При этом следует выделить две основные возникающие проблемы:

1. разбиение объекта типа «судно» на самостоятельные модули;
2. взаимодействие объектов.

Условия разбиения системы на модули - произвольные, по желанию пользователя. Это определяется тем, что пользователь в состоянии лучше определить, что имеет смысл объединить в единый объект, а что разбить на куски – в зависимости от мощности имеющегося парка и количества машин, потребности контролировать промежуточные результаты и других субъективных признаков. В качестве примера,

иллюстрирующего основные подходы для проектирования сложной системы многоуровневой оптимизации, рассмотрим синтез объекта типа “Судно”.



В качестве управляющей подсистемы рассматривается “Корабль в целом”, а качестве управляемых подсистем – подсистемы “Корпус”, “Грузовое устройство”, “Рулевое устройство”, “Энергетическая установка”, “Электроэнергетическая система”, “Гидродинамический корпус” и т. д. Для управляющей подсистемы функциональные ограничения базируются на основных условиях существования и работоспособности системы типа “Судно”:

1. Требования полезной грузоподъемности:  $D - \sum P_i \geq C$ , где  $D$  - полное водоизмещение судна,  $\sum P_i$  - сумма весов всех подсистем,  $C$  - полезная грузоподъемность.
2. Требование вместимости:  $W_1 - \sum_2^7 W_i \geq W_8$ , где  $W_1$  - объем корпуса,  $\sum_2^7 W_i$  - суммарный объем всех подсистем,  $W_8$  - грузовых помещений.
3. Требования по остойчивости  $h \geq h_{\min}$  - где  $h$  - относительная метацентрическая высота, а  $h_{\min}$  минимальное значение поперечной метацентрической высоты.
4. Требование по качке:  $t \geq t_{\min}^*$  - где  $t$  - относительный период собственных колебаний судна в секунду, а  $t_{\min}^*$  минимальный период собственных колебаний судна в секунду

В качестве вектора оптимизированных параметров представлены следующие характеристики с допустимыми диапазонами:  $\delta$  - коэффициент общей полноты,  $L$  - длина судна,  $B$  - ширина судна,  $T$  - осадка в полном грузу,  $H$  - высота борта судна на миделе. Все данные параметры однозначно определяют все размерения проектируемого судна. В качестве критерия оптимизации управляемой подсистемы выбирается минимизация приведенных затрат. Коротко остановимся на оптимизируемых параметрах основных управляемых подсистем: подсистема “Корпус” -  $y_{11}^1 = \delta_0$  - приведенная толщина днища,  $y_{12}^1 = \delta_1$  - приведенная толщина палубы; подсистема “Гидродинамический комплекс” -  $y_{21}^1 = Q$  - дисковое отношение винта,  $y_{22}^1 = d_v$  - диаметр винта,  $y_{23}^1 = n_{06}$  - частота вращения винта; “Энергетическая установка” -  $y_{31}^1 = N_{эл}$  - мощность одного дизеля,  $y_{32}^1 = n_{эу}$  - число двигателей в установке,  $y_{33}^1 = n_{06}$  - частота вращения гребного винта. Следует заметить, что частота вращения гребного винта является общей оптимизируемой переменной для подсистем “Гидродинамический комплекс” и “Энергетическая установка” подсистема “Электроэнергетическая система” -  $X_{41}^1 - X_{44}^1$  дискретное число генераторов 1-ого по 4-ый тип на ходу,  $X_{45}^1 - X_{48}^1$  дискретное число генераторов 1-ого по 4-ый тип на стоянке; подсистема “Рулевое устройство” -  $y_{51}^1 = b$  - средняя ширина руля,  $y_{52}^1 = h$  - высота (размах) винта; подсистема “Грузовое устройство” -  $y_{61}^1 = n_{кр}$  - число кранов,  $y_{62}^1 = T_{кр}$  - грузоподъемность кранов. Каждая из представленных подсистем имеет свой собственный критерий. Таким образом, руководствуясь желаниями заказчика, мы получили сложную многоуровневую систему типа “Судно”, описанную выше. Все подсистемы системы типа “Судно” представляют собой параллельно работающие объекты. Представленная структура “Судна”, как любая сложная техническая система отвечает всеерному признаку декомпозиции, который включает в себя совокупность двух основных признаков разбиения эшелонирования и стратификации и в наибольшей степени раскрывает возможности

многоуровневой иерархической структуры. Но если при решении первой проблемы мы руководствовались пожеланиями пользователя, то решение второй проблемы целиком ложится на наши плечи. Коротко постараюсь остановиться на основных аспектах, которые будут освящаться при решении данной проблемы. Для взаимодействия каждый объект данной системы должен быть инкапсулирован в определенную обертку и тогда, объекты выступают как равноценные и взаимозаменяемые. Идея создания таких объектов напоминает детский конструктор “Lego”. Из равноценных объектов можно создать любую систему. Таким образом, идеология современного параллельного программирования базируется на создании распределенных объектов. Объекты моделируют своих двойников из реального мира в приложениях для любых отраслей промышленности. Главное достоинство этой идеологии - способность расширять функциональность за счет добавления новых объектов в систему без изменения существующей структуры - позволяет легко строить гибкие, самоуправляемые, масштабируемые распределенные системы. Следовательно, мы рассматриваем судно, как сложную многоуровневую систему, в которой каждый объект воспринимается как независимый, который можно рассчитывать и оптимизировать параллельно с другим объектом системы.

### **Список литературы**

1. Артюшина Т.Г. Описание и оптимизация элемента многоуровневой системы «судно» на основе теории нечетких множеств. – Морской вестник, 2010, №4, с.99-101
2. Артюшина Т.Г. Выбор математической модели для описания многоуровневой, многоцелевой технической системы типа «судно» на начальных стадиях проектирования.- Научные труды ВУЗов, 2015, Т.16, №5, с.5-11
3. Артюшина Т.Г. Общая схема описания объектов различной природы с помощью математики нечетких множеств.- В сборнике: Проблемы и достижения в науке и технике, Сборник научных трудов по итогам III международной научно-практической конференции. 2016. С. 201-203

## ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2017 ГОД

### Январь 2017г.

IV Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием **«Актуальные вопросы технических наук в современных условиях»**, г. **Санкт-Петербург**

Прием статей для публикации: до 1 января 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 февраля 2017г.

### Февраль 2017г.

IV Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием **«Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом»**, г. **Новосибирск**

Прием статей для публикации: до 1 февраля 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 марта 2017г.

### Март 2017г.

IV Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием **«Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения»**, г. **Екатеринбург**

Прием статей для публикации: до 1 марта 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 апреля 2017г.

### Апрель 2017г.

IV Международная межвузовская научно-практическая конференция **«Актуальные вопросы науки и техники»**, г. **Самара**

Прием статей для публикации: до 1 апреля 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 мая 2017г.

### Май 2017г.

IV Международная научно-практическая конференция **«Проблемы и достижения в науке и технике»**, г. **Омск**

Прием статей для публикации: до 1 мая 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июня 2017г.

### Июнь 2017г.

IV Международная научно-практическая конференция **«Вопросы технических наук: новые подходы в решении актуальных проблем»**, г. **Казань**

Прием статей для публикации: до 1 июня 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июля 2017г.

### Июль 2017г.

IV Международная научно-практическая конференция **«Перспективы развития технических наук»**, г. **Челябинск**

Прием статей для публикации: до 1 июля 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 августа 2017г.

#### **Август 2017г.**

IV Международная научно-практическая конференция «**Технические науки в мире: от теории к практике**», г. Ростов-на-Дону

Прием статей для публикации: до 1 августа 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 сентября 2017г.

#### **Сентябрь 2017г.**

IV Международная научно-практическая конференция «**Современный взгляд на проблемы технических наук**», г. Уфа

Прием статей для публикации: до 1 сентября 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 октября 2017г.

#### **Октябрь 2017г.**

IV Международная научно-практическая конференция «**Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития**», г. Волгоград

Прием статей для публикации: до 1 октября 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 ноября 2017г.

#### **Ноябрь 2017г.**

IV Международная научно-практическая конференция «**Новые технологии и проблемы технических наук**», г. Красноярск

Прием статей для публикации: до 1 ноября 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 декабря 2017г.

#### **Декабрь 2017г.**

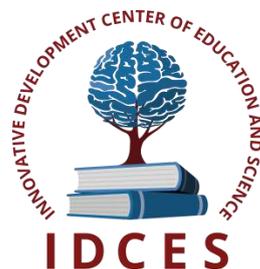
IV Международная научно-практическая конференция «**Развитие технических наук в современном мире**», г. Воронеж

Прием статей для публикации: до 1 декабря 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 января 2018г.

**С более подробной информацией о международных научно-практических конференциях можно ознакомиться на официальном сайте Инновационного центра развития образования и науки [www.izron.ru](http://www.izron.ru) (раздел «Технические науки»).**

**ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**  
**INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE**



**Технические науки: тенденции, перспективы  
и технологии развития**

**Выпуск IV**

**Сборник научных трудов по итогам  
международной научно-практической конференции  
(11 октября 2017 г.)**

**г. Волгоград**

**2017 г.**

Печатается в авторской редакции  
Компьютерная верстка авторская

Подписано в печать 10.10.2017.  
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 6,2.  
Тираж 250 экз. Заказ № 103.

Отпечатано по заказу ИЦРОН в ООО «Ареал»  
603000, г. Нижний Новгород, ул. Студеная, д. 58.