

ISSN 2225-9309

Вестник УГАТУ

МОЛОДЕЖНЫЙ



2012. № 4 (5)



Молодежный Вестник УГАТУ

Ежемесячный научный журнал

№ 4 (5) / 2012

Учредитель и издатель:

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

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

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

Редакционная коллегия:

Главный редактор: Бадамшин Рустам Ахмарович,
проректор ФГБОУ ВПО УГАТУ, д.т.н., проф.

Члены редакционной коллегии:

Ахмедзянов Дмитрий Альбертович, д.т.н., проф.
Месропян Арсен Владимирович, д.т.н., проф.
Елизарьев Алексей Николаевич, к.т.н., доцент

Ответственный редактор: Михайлова Александра Борисовна,
Мухачева Наталья Николаевна

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

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

Материалы публикуются в авторской редакции.

Адрес редакции:

450000, г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12, корп. 6, комн. 610, тел. 273-06-67
e-mail: mvu@ugatu.ac.ru
<http://mvu.ugatu.ac.ru/>

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ	5
Бутусов И. А. , Дударева Н. Ю. Методы модификации поверхностей для повышения износостойкости юбки поршня ДВС	5
Шакирова Г. Р., Попкова Е. Е. Семантические образовательные порталы: концепция и перспективы.....	11
Ахмедзянов Д. А., Кишалов А. Е., Маркина К. В. Экспертная система по выбору материала, покрытия и других видов подготовки поверхности элементов основных узлов авиационного ГТД	17
Ахмедзянов Д. А., Кишалов А. Е., Шабельник Ю. А., Маркина К. В., Полежаев Н. И. Обзор и анализ параметров потока в основных узлах авиационных двигателей	25
Кудоярова В. М., Кишалов А. Е., Игнатьев О. И.	
Подходы к моделированию теплового состояния в программных комплексах для трехмерного твердотельного численного моделирования	
ANSYS Multiphysics и ANSYS CFX	37
Дударева Н. Ю., Кишалов А. Е. Покрытия и методы модификации поверхностей для повышения надежности деталей ГТД	43
Поезжалова С. Н. Исследование закономерностей влияния директивных технологических процессов на качество и технический уровень новой техники	49
Кислухин Н. В. Поршневой ДВС с искровым зажиганием, работающий на авиационном керосине.....	56
Кострюкова Н. В, Салимзянова А. А., Ор-Рашид Х. М. Использование биоэтанола в качестве авиационного топлива.....	60
Исмагилова Д. Ф., Исмагилова Р. Ф., Целищев В. А.	
Использование безразмерных переменных при математическом моделировании предохранительного клапана непрямого действия	67
Рогинская Л. Э., Гусаков Д. В. Антирезонансные трансформаторы напряжения. Эффективность применения	74
Ахмедзянов Д. А., Михайлов А. Е., Нигматуллин Р. Р.	
Разработка и реализация в системе имитационного моделирования DVIGwp методики оценки массы ГТД на этапе концептуального проектирования	79
ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ	84
Мустафина Г.Р., Никульшина Л. М. Зависимость числа краж от различных социально-экономических факторов	84
Смирнова Ю. А. Современные предприятия общественного питания	89

Андреева Л. М. Разработка и исследование методов и алгоритмов педагогического тестирования с обратной связью	93
Бровко П. М. Оценка конкурентоспособности научноёмкого продукта (на примере вертолётной техники)	98
Хасанова Л. Р. Системная модель информационной системы сбыта нефтяной компании.....	102
Кидрачев Р. Н., Крупина М. Б. Коммерческие банки России как участники инновационного процесса.....	108
Галеева А. Э., Дзинтер Н. В. Критические технологии в машиностроении.	114
Смирнова Г. Е., Чувилина Е. В. Методический подход к оценке инвестиционной привлекательности региона для компаний связи	121
Салимянов С. И. Сущность и классификация рисков предприятия объекта ТЭК	129
Салимянов С. И. Риск-менеджмент предприятия объекта ТЭК.....	138

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 621.436.12

МЕТОДЫ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЮБКИ ПОРШНЯ ДВС

Бутусов И. А. , Дударева Н. Ю.

1. Введение

Обеспечение надежной и долговечной работы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является первостепенной задачей двигателестроителей. Системообразующим узлом в ДВС является цилиндропоршневая группа (ЦПГ), наиболее нагруженной и напряженной деталью, которой является поршень. Основной износ поршней происходит по канавкам, юбке и отверстиям под палец в бобышках. Юбка поршня подвергается влиянию различных режимов трения в процессе работы и испытывает нагрузку от боковой силы. В результате эксплуатации юбка изнашивается интенсивно и неравномерно [1]. Таким образом, вопрос о повышении износстойкости поршней является актуальным для двигателестроителей.

Для изготовления поршней обычно используют чугун, алюминиевые и магниевые сплавы, а также сталь. Основное количество поршней изготавливается из чугуна и алюминиевых сплавов. Интенсивность изнашивания юбок поршней из алюминиевых сплавов меньше, чем чугунных или изготовленных из других материалов, что обычно связывают с небольшими значениями инерционных сил и удельных нагрузок, возникающих при взаимодействии таких поршней с «зеркалом» цилиндра [1]. Поршни из алюминиевых сплавов обладают меньшей прочностью, но лучшей теплопроводностью и значительно легче чугунных, поэтому применяются в двигателях с высокой частотой вращения, обеспечивая увеличение мощности и улучшение теплового состояния деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ).

Обычно для повышения работоспособности и уменьшения износа юбки поршня, на нее наносят специальные антифрикционные покрытия: Molykote D10, графит-MoS₂. Однако эти покрытия также подвержены износу, а большая их часть обеспечивает лишь приработку трущейся поверхности [3]. Проблема повышения износстойкости юбки поршня остается актуальной, особенно для поршней из алюминиевых сплавов.

В данной работе будут рассмотрены и проанализированы существующие способы и технологические методы повышения износстойкости поршней из алюминиевых сплавов, а также проведена оценка возможности использования для этих целей методов микродугового оксидирования (МДО) и искрового упрочнения (ИУ).

2. Условия работы юбки поршня

Юбка поршня имеет сложную форму, в которой присутствует и бочкообразность, и овальность, и конусность. Основная задача юбки – предохранять поршень от стука и перекосов. При движении вверх усилие от шатуна действует на поршень под углом, а при рабочем ходе усилие от поршня действует на шатун также под углом, но с другой стороны. Вследствие чего возникает некоторое усилие, прижимающее юбку поршня то одной, то другой стороной к стенке цилиндра. На рис. 1 показаны боковые стороны юбки, получившие износ антифрикционного покрытия в процессе работы двигателя.



Рис. 1 Износ антифрикционного покрытия Molykote-D10 [11]

На изношенных поршнях на юбке видны характерные зоны потертости. В этом месте поршень теряет необходимые для выполнения своих функций эллипсность и конусность, поэтому может встать вопрос о его замене. В этих же зонах происходит контакт поршня с твердыми частицами, которые обычно представляют собой продукты сгорания, попавшие в масло. При дальнейшей работе такой поршень будет истирать гильзу цилиндра. Следствием повышенного износа юбки на работающем двигателе является характерный стук, похожий на стук клапанного механизма. Обычно стук возникает при перекладке поршня в верхней мертвой точке (ВМТ) и появляется, когда износ юбки составляет более 0,08 мм [9]. Сам по себе этот стук не опасен, однако является показателем износа поршня и повышенного расхода масла.

3. Требования к поршням ДВС и способам упрочнения его поверхностей

Учитывая особенности работы поршня ДВС, к нему предъявляется ряд требований.

Основными требованиями, которым должен удовлетворять материал, применяемый для изготовления поршней, являются:

- высокая механическая прочность, обеспечивающая способность поршня работать в условиях ударных нагрузок;
- высокий предел выносливости – хорошая сопротивляемость циклическим нагрузкам;
- достаточная упругость, обеспечивающая способность юбки поршня принимать форму цилиндра без пластической деформации;
- достаточные жаростойкость и жаропрочность, допускающие нагрев до 300-400 °C без резкого падения механических свойств;
- малый коэффициент температурного расширения;
- хорошая теплопроводность, обеспечивающая интенсивный отвод тепла от соприкасающейся с раскаленными газами головки поршня;
- достаточно высокая стойкость против коррозионного воздействия агрессивных газов и образующихся в цилиндре кислот;
- достаточно хорошие антифрикционные свойства, не допускающие задира поршня при работе.

При этом юбка поршня должна обладать высокой износостойкостью трущейся поверхности при минимальной площади поверхности трения, одновременно должна сохраняться необходимая теплопроводность. Обычно для повышения износостойкости поверхностей используют различные способы упрочнения. К поверхностям, формируемым посредством различных способов упрочнения также предъявляется ряд требований.

- высокая микротвердость;

- достаточная толщина покрытия или модифицированного слоя, гарантирующая его долговечность;
- оптимальная шероховатость, которая обеспечивает уменьшение силы трения;
- высокая износостойкость, обеспечивающая надежность и долговечность юбки поршня;
- хорошая теплопроводность, обеспечивающая отвод тепла от юбки поршня;
- хорошие антифрикционные свойства при различных видах смазки;
- хорошая смачиваемость смазочным материалом;
- высокая адгезия покрытия или модифицированного слоя к подложке;
- минимальная (отсутствие) финишная обработка;
- простота химического состава;
- целостность конструкции поршня.

Существует целый ряд технологий, используемых для повышения износостойкости юбки поршней из алюминиевых сплавов.

4. Методы упрочнения поршней ДВС

Рассмотрение этих методов начнем с самых простых.

Нанесение олова (лужение). Один из распространенных способов, который используется для упрочнения поверхности юбки поршней — покрытие поверхности оловом (лужение). Реже применяется покрытие свинцом. Слой мягкого металла, толщина которого составляет 5—10 мкм, уменьшает трение и вероятность образования задиров в период обкатки двигателя. Ту же функцию он выполняет и на приработанном двигателе в момент пуска, сопровождающегося масляным голоданием, и при пиковых нагрузках. Убедительное доказательство действенности этой меры — сравнение состояния поршней двигателей классических моделей ВАЗ первых поколений и ВАЗ 2108—21083. У последних даже при незначительном пробеге на юбке поршней, не имеющих покрытия, обязательно присутствуют задиры. На луженых поршнях «классики» такого явления, как правило, не наблюдалось [2]. На этапе обкатки двигателя олово служит приработочным слоем, снижает опасность образования царапин при работе холодного двигателя [3]. Обычно поршни легковых автомобилей покрывают оловом по всей поверхности.

Фосфатирование. Этот метод представляет собой насыщение рабочей поверхности поршня фосфатами железа и марганца. Фосфатная пленка образуется в результате взаимодействия металла с дигидроортофосфатами железа и марганца. Она предохраняет детали от окисления при высоких температурах. Создается защитная фосфатная пленка, защищающая наружную поверхность поршня от коррозии. Пленка обеспечивает хорошую прирабатываемость поршня, предотвращает заедание колец в канавке. Используется также как грунтовка для графит-MoS₂ покрытия [4, 5, 3].

Графитизация. Некоторые производители для уменьшения трения наносят на юбку поршней антифрикционные покрытия представляющие собой композиции на основе графита, реже — дисульфида молибдена. Толщина слоя покрытия может достигать 15 – 20 мкм. Обычно поршни с таким покрытием устанавливаются в цилиндр с минимальным зазором. В результате первоначальной приработки покрытие частично изнашивается и поверхность поршня приобретает форму, максимально соответствующую цилиндру. Поршни с прирабатываемым покрытием применяются, например, на современных двигателях Mercedes, BMW, Opel и других. Выпуск таких поршней недавно освоен некоторыми российскими предприятиями для ДВС отечественного производства [2].

Покрытие Molykote. Molykote D10 – это твердая долговременная смазка на основе графита и специальных смол. Покрытие устойчиво к маслам, смазкам и растворителям. Благодаря высокой адгезии пленка Molykote D10 сохраняет защитные свойства при

температурной деформации поршня и антизадирные свойства при высоких нагрузках. Molykote D10 эффективно снижает трение на протяжении всего срока службы. Строго выдержанная технология нанесения пленки обеспечивает требуемую толщину защитного покрытия и сохранение его антифрикционных свойств. Само покрытие – это сухое, вязкое вещество, состоящее из композиции твердых антифрикционных смазок и смол. Нанесенное на рабочую поверхность (юбку) поршня покрытие в процессе термообработки превращается в тонкую износостойкую пленку, которая прочно держится на поршне, не пачкает, не стирается, не портится от пыли, грязи и сырости [6].

Покрытие Molydag. Новое антифрикционное покрытие Molydag имеет высокие смазочные свойства, обеспечивает защиту от коррозии, выдерживает высокие нагрузки, имеет высокую адгезию и сокращает время приработки. Molydag TA-402 – это однородная суспензия, состоящая из микроскопических частиц дисульфида молибдена, которая особым способом наносится на поверхность юбки поршня. При использовании покрытия Molydag TA-402 между трущимися поверхностями образуется пленка из дисульфида молибдена, которая обеспечивает хорошее распределение масла и быстро восстанавливает разрушенную масляную пленку, чтобы не допустить контакта металла с металлом. Покрытие Molydag TA-402 является оптимизированным и модернизированным по своим свойствам покрытием для высоконагруженных двигателей [7].

Нанесение микрорельефа. Хотя этот способ повышения износостойкости поверхности и не является покрытием или методом модификации поверхности, но он получил довольно широкое распространение для повышения износостойкости поверхности деталей ЦПГ. Микрорельеф (обработка резцом со специальным профилем) наносится на юбку поршня. Гидродинамический профиль в виде микроскопических канавок лучше удерживает на поверхности поршня масло и снижает трение. Микрорельеф выполняет как приработочную, так и противоизносную функцию [3].

В сводной табл. 1 приведены способы, которые используются для повышения износостойкости различных частей поршня: головки, юбки и канавки поршня.

Таблица 1

Способы упрочнения поверхности поршней ДВС

	Головка поршня	Канавка поршня	Юбка поршня
Нанесение покрытий	Олово (лужение)	Нанесение порошкового покрытия	Олово (лужение)
			Фосфаты (фосфатирование)
	Никель (никелирование)	Олово (лужение)	Графит-MoS ₂ (графитизация)
			MolykoteD10
		Никель (никелирование)	MolydagTA-402
Модификация поверхности	Анодирование	Анодирование	<i>Искровое упрочнение</i>
		Обработка сжатой дугой	
		Лазерное легирование	
	<i>Искровое упрочнение</i>	Двухдуговая наплавка	Микрорельеф (обработка резцом со специальным профилем)
		<i>Искровое упрочнение</i>	
		МДО	МДО
Изменения конструкции		Упрочняющая вставка	

В связи с тем, что для упрочнения юбки поршня используются разнообразные покрытия, которые, однако, не решают проблему увеличения ее износостойкости, авторами для этих целей предлагается использовать методы *искрового упрочнения* и *микродугового оксидирования*.

5. Микродуговое оксидирование и искровое упрочнение

Микродуговое оксидирование. На основании анализа вышеперечисленных методов обработки, а также с учетом требований, предъявляемых к поверхности юбки поршня, были выбраны, как наиболее оптимальные для поршней из алюминиевых сплавов, методы модификации поверхностей: искровое упрочнение и микродуговое оксидирование.

Микродуговое оксидирование – сравнительно новый вид поверхностной обработки и упрочнения главным образом металлических материалов, берущий свое начало от традиционного анодирования, и соответственно относящийся к электрохимическим процессам. Микродуговое оксидирование позволяет получать многофункциональные керамикоподобные покрытия с широким комплексом свойств, в том числе износостойкие, коррозионностойкие, теплостойкие, электроизоляционные и декоративные покрытия. Технология МДО сравнительно хорошо отработана для группы вентильных металлов и их сплавов: титана, магния, tantalа, ниobia, циркония, бериллия, но, прежде всего, для алюминия [10].

Особенности технологического процесса МДО таковы, что состав и структура получаемых оксидных слоев существенно отличаются, а свойства значительно выше в сравнении с обычными анодными пленками. Другими положительными отличительными чертами процесса МДО являются его экологичность, относительная универсальность, а также отсутствие необходимости тщательной предварительной подготовки обрабатываемой поверхности в начале технологической цепочки [8].

При микродуговом оксидировании формируется упрочненный слой толщиной ~50-500 мкм, которая напрямую зависит от продолжительности обработки; микротвердость упрочненного слоя ~ 4-22 ГПа; химический состав МДО-слоя представляет собой кристаллы Al_2O_3 в форме клубков, пучков и в виде мелкокристаллической матрицы; немаловажным свойством является хорошее сцепление МДО-слоя с подложкой.

Искровое упрочнение. В настоящее время на кафедре ДВС УГАТУ разрабатывается метод искрового упрочнения [12], который показал положительные результаты по повышению износостойкости поверхностей деталей из алюминиевых сплавов. Например, он положительно зарекомендовал себя при повышении износостойкости поршневых канавок [13].

Процесс ИУ обработки протекает в газовой среде, содержащей внедряемый элемент, посредством электрического искрового разряда, при этом обрабатываемая деталь является одним из электродов. В результате на поверхности образуется высокотвердый износостойкий слой толщиной до 300 мкм и микротвердостью 22 ГПа и более.

Обе технологии, МДО и ИУ, позволяют получать на поверхности высокотвердые, износостойкие слои, с высокой адгезией к подложке, отличающиеся высокой теплостойкостью, коррозионной стойкостью и небольшой теплопроводностью.

6. Выводы

В результате проведенного анализа возможностей методов поверхностного упрочнения используемых для повышения износостойкости юбки поршня, можно сделать следующие выводы:

1. Большинство методов, применяемых для повышения износостойкости юбки поршня являются покрытиями, которые выполняют приработочную функцию и не защищают поверхность в полной мере от задира и износа.

2. Методы модификации поверхностей практически не используются для повышения износостойкости юбки поршней ДВС.

3. В связи с тем, что методами МДО и ИУ можно получать на алюминиевых сплавах высокотвердые поверхностные слои с высокой адгезией к подложке, можно сделать вывод, что использование этих методов для упрочнения юбки поршня должно привести к значительному повышению ее износостойкости.

4. Методами МДО и ИУ можно формировать упрочненные слои достаточно большой толщины – до 300 мкм, что должно положительно сказаться на повышении долговечности трущейся поверхности юбки поршня.

5. Считаем, что невысокая теплопроводность модифицированных поверхностных слоев, получаемых методами ИУ и МДО, не может являться помехой для их использования на юбке поршней ДВС, так как основной поток тепла из камеры сгорания передается от днища поршня к гильзе цилиндра через поршневые кольца.

Список использованной литературы:

1. Трение, изнашивание и смазка / гл. ред. И.В. Крагельский, В.В. Алисин – М. : Машиностроение, 1979.- 358 с. – (Справочник в 2 книгах / гл. ред. И.В. Крагельский, В.В. Алисин ; кн. 2).

2. Хрулев А., Самохин С. Специализированный моторный центр. Поршень в общем и в частности [Электронный ресурс] / А. Хрулев, С. Самохин – Электрон дан. – Режим доступа: <http://www.spbmotor.ru/about/62/spetsializirovannyi-motornyi-tsentr-porshen-v-obshchem-i-v-chastnosti> - Загл. с экрана.

3. Общая информация о поршнях [Электронный ресурс] / – Электрон дан. – Режим доступа: <http://avtramat.com/ru/produkt/porshny/obshchaya-ynformatsyya-o-porshnyakh> - Загл. с экрана.

4. Поршень. Технологии производства поршня [Электронный ресурс] / – Электрон дан. – Режим доступа: http://www.porshen.ru/porshen_KMZ.html - Загл. с экрана.

5. Методы повышения износостойкости и усталостной прочности деталей [Электронный ресурс] / – Электрон дан. – Режим доступа: http://dieselloc.ru/books/teplovoz/diesel_23.html - Загл. с экрана.

6. Поршень двигателя [Электронный ресурс] / - Электрон дан. – Режим доступа: <http://www.oil18.ru/katalog/index-94.htm> - Загл. с экрана.

7. Новое антифрикционное покрытие “Molydag” [Электронный ресурс] / - Электрон дан. – Режим доступа: <http://www.motordetal.ru/about/news/9.html> - Загл. с экрана.

8. Эпельфельд А. Применение технологии микродугового оксидирования для формирования защитных покрытий [Электронный ресурс] / А. Эпельфельд – Электрон дан. – Режим доступа: http://tompve.ru/science/techn_mash.htm - Загл. с экрана.

9. На линии фронта [Электронный ресурс] / - Электрон дан. – Режим доступа: <http://www.remontauto.ru/?p=11&z=138> - Загл. с экрана.

10. Суминов И.В. Микродуговое оксидирование (обзор) [Электронный ресурс] : / И.В. Суминов, А.В. Эпельфельд, В.Б. Людин, А.М. Борисов, Б.Л. Крит. - Сохраненная веб-страница. - М. : МАТИ.

11. Поршень в общем и в частности [Электронный ресурс] / - Электрон дан. – Режим доступа: http://www.ab-engine.ru/abs/12_04_piston.html - Загл. с экрана.

12. Пат. 2176682 Российская Федерация, МПК C23C14/40, B23H1/02, B23H9/00.
Способ упрочнения поверхностей деталей / Б.П. Рудой, Н.Ю. Дударева, Р.А. Гуняков .- № 99110333/02, заявл. 17.05.1999, опубл.10.12.2001.

13. Пат. 2356707 Российская Федерация, МПК B23H009/00, B23H001/02, C23C026/00.
Способ упрочнения канавок поршня двигателя внутреннего сгорания / Н.Ю. Дударева, С.А. Соколов .- № 2007126143/02, заявл. 20.01.2009, опубл.27.05.2009.

ОБ АВТОРАХ



Бутусов Илья Андреевич, магистрант каф. двигателей внутреннего сгорания УГАТУ, степень бакалавра по специальности энергомашиностроение (УГАТУ, 2011). Исследования в области повышения износостойкости поршней ДВС из алюминиевых сплавов методами модификации поверхности.

e-mail: butusrv.ilya@mail.ru



Дударева Наталья Юрьевна, доц. каф. ДВС. Дипл. инж. по технол. машиностр. (УГАТУ, 1994). Канд. техн. наук по тепл. двигателям (там же, 1999). Иссл. в обл. износостойких покрытий деталей двигателей

e-mail: natalia_jd@mail.ru

УДК 004.91

СЕМАНТИЧЕСКИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПОРТАЛЫ: КОНЦЕПЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Шакирова Г. Р., Попкова Е. Е.

Актуальность. В современных условиях развития информационных технологий магистральным направлением является компьютеризация образовательного процесса. Применение информационных технологий вообще и веб-технологий частности в образовательном процессе стало стандартом «де-факто». Яркий пример тому – прочно укоренившийся термин «веб-ориентированное образование» (Web-based education, WBE).

Концепция WBE охватывает все аспекты и концепции обучения, которые используют Всемирную паутину как средство коммуникации и инструмент сопровождения и поддержки.

Организация WBE привносит в образовательный процесс широкие возможности:

- удаленное взаимодействие обучаемых и обучающих,
- использование веб-технологий для представления и / или распространения учебных материалов (educational content),
- наличие коммуникационной Интернет-среды, позволяющей обучающимся общаться с другими обучающимися, преподавателями и пр.

Начиная с 1990-х годов WBE становится важным направлением развития образовательных технологий. Получает распространение идея e-learning – электронного обучения (известны также англоязычные синонимы этого термина: computer-based training (CBT) и computer-aided instruction (CAT)). При этом доктрина электронного, веб-ориентированного усложняется развитием веб-технологий.

Образование 2.0. Эволюция веб-технологий отчетливо прослеживается на уровне перехода от Веб 1.0 к Веб 2.0 – от среды, управляемой разработчиками, к среде, управляемой пользователями. После известного «краха доткомов» информационный

монополизм разработчиков привел к тому, что на традиционный Веб перестали возлагать большие надежды. Возрастающие требования пользователей диктовали иной подход к организации Веб, который и нашел отражение в поколении Веб 2.0 (рис. 1).

В 2000 году основные положения Веб 2.0 сформулировал известный среди веб-специалистов Тим Бернерс-Ли. По сути, эти принципы стали основой для формирования веб-приложений нового класса, ориентированных на пользователей, самообучаемых, ставящих во главу угла информацию, а не ее представление. В этих условиях разработка современных веб-приложений по умолчанию возводит их в ранг приложений формата Веб 2.0. Отзывы и комментарии, голосования, опросы, возможность размещения пользовательских материалов, поддержка в социальных сетях – все это элементы Веб 2.0. Информация в веб-приложениях, изначально задаваемая разработчиками, постоянно наращивается пользователями.

В эпоху Веб 2.0 не являются исключением и образовательные ресурсы любого уровня. И это не случайно: в основе образовательного процесса лежит активное взаимодействие субъектов образования – обучающих и обучающихся; в основе Веб 2.0 лежит взаимодействие пользователей.

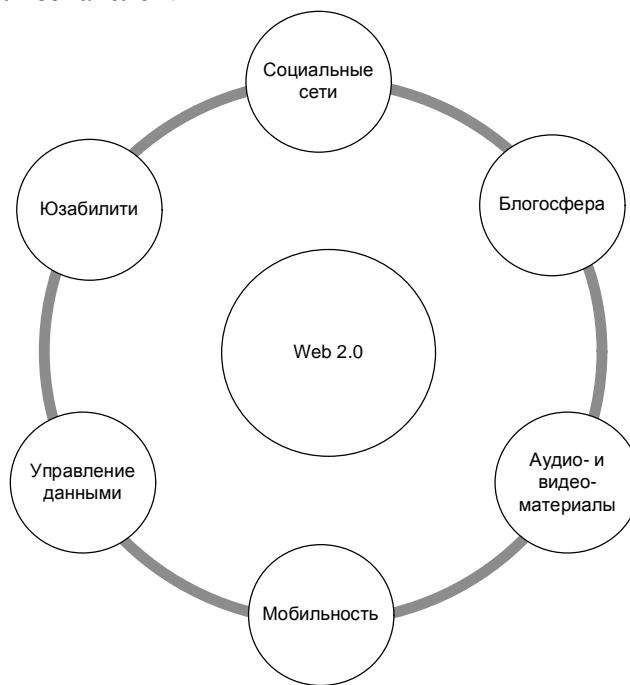


Рис. 1. Технологии Веб 2.0

Технологии Веб 2.0 открывают перед образовательной практикой следующие возможности:

1. Самостоятельное создание сетевого учебного содержания. Такой подход существенно упрощает процесс создания учебных материалов и их публикации в сети. Каждый участник образовательного процесса может не только получить доступ к размещенным в сети учебным материалам, но и самостоятельно размещать их.

2. Мониторинг деятельности участников образовательного процесса. Веб 2.0 открывает возможности создания научных и учебных сообществ. Цифровая память, интеллектуальные агенты и сеть удивительно расширяют не только мыслительные способности, но и поле для совместной деятельности и сотрудничества с другими людьми.

3. Освоение инновационных информационных концепций, знаний и навыков. Веб 2.0 открывает принципиально новые возможности для деятельности людей, не обладающих никакими специальными знаниями в области информатики. Как правило, такие новые формы деятельности связаны с поиском информации в сети, с созданием и

редактированием собственных информационных материалов и т. д. Участие в новых формах деятельности позволяет осваивать важные информационные навыки – повторное использование материалов (популярный сегодня термин «синдикация»), работа с метатегами и пр.

4. Использование открытых, бесплатных и свободных электронных ресурсов. В результате распространения социальных сервисов в сетевом доступе оказывается огромное количество материалов, которые могут быть использованы в учебных целях. Сетевые сообщества обмена знаниями могут поделиться своими коллекциями цифровых объектов и программными агентами с образованием.

Вообще говоря, сервисы Веб 2.0 способны решить такие проблемы, как:

- поиск учебной информации,
- развитие творческого подхода к обучению,
- получение инфокоммуникационных коммуникаций обеим сторонам образовательного процесса,
- организация дистанционного обучения.

Принципы Веб 2.0 в образовательных системах отражены в специфическом термине «Образование 2.0», который определяет магистральное направление современных информационных технологий. Подобные образовательные порталы определяют только базовую структуру учебного процесса или его отдельных аспектов. Зачастую разработчики таких ресурсов вообще не задают никакого контента: есть только правила отображения информации и логика взаимодействия страниц и(или) элементов ресурса. Например, на образовательном портале разработчиками может быть декларирована дисциплина или область знаний, а пользователи (преподаватели или специалисты) самостоятельно загружают туда материалы. Позднее эти материалы становятся доступны другим пользователям ресурса. Таким образом, контент ресурса постоянно дополняется пользователями и ими же используется.

Семантический Веб. Семантический Веб (Semantic Web) – это расширение существующей сети Internet, в котором информация представляется в четком и определенном смысловом значении, дающем возможность людям и компьютерам работать с более высокой степенью взаимопонимания и согласованности.

На сегодняшний день исследования в области Семантического Веба носят преимущественно теоретический характер. Основным направлением этих исследований является «интеллектуализация» веб-среды: разработка и применение интеллектуальных агентов, максимально упрощающих работу пользователей (по меньшей мере, на уровне поисковых запросов). Консорциум W3C активно работает над усовершенствованием, расширением и стандартизацией Семантического Веба; уже разработано большое количество языков, публикаций, средств и т. д.

Многоуровневая архитектура Семантического Веб, согласно Тиму Бернерсу-Ли, представлена на рис. 2.

Основой Семантического Веба являются языки RDF (Resource Description Framework, язык описания ресурсов на семантическом уровне) и OWL (Web Ontology Language, язык описания онтологий). При этом ключевая технология – XML – определяет платформонезависимость и гибкость всех представленных языков, а также механизмов, реализованных на их основе (к примеру, FOAF, предназначенный для социальных сетей).

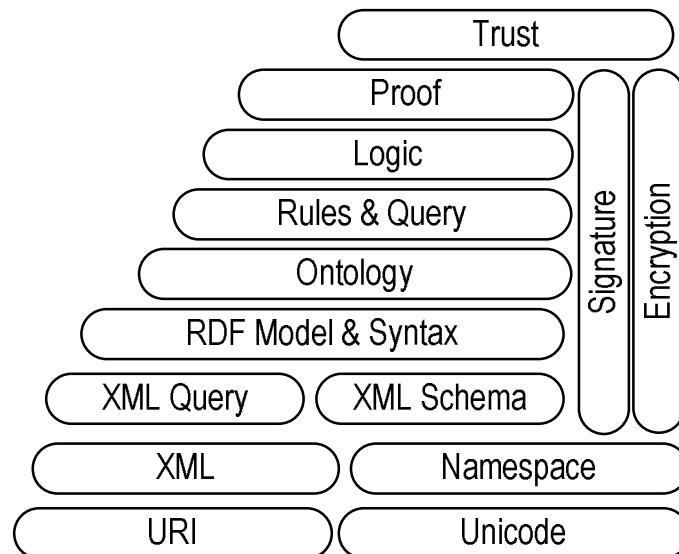


Рис. 2. Многоуровневая архитектура Семантического Веба

Семантический Веб предполагает создание системы с элементами «искусственного интеллекта», которая бы позволила специальным приложениям качественно искать в Интернете необходимую информацию, а также обмениваться информацией друг с другом. Каждая страница семантической сети содержит информацию на двух языках: на обычном, понятном человеку и показываемом браузером, и на специальном, понятном интеллектуальным программам-агентам, роботам. Интеллектуальные агенты предполагают создание программ, которые работают без непосредственного управления со стороны человека для достижения поставленных перед ней целей. Такие агенты могут собирать и обрабатывать информацию, найденную из различных источников в Сети, иногда путем взаимодействия с другими агентами.

Предполагается, что при создании приложений Семантического Веба авторы будут использовать стандартное программное обеспечение. В результате базовая семантика, или онтология, будет заложена в приложение еще на стадии проектирования и реализации и не потребует от разработчика каких-либо особых знаний и умений. Эффективность программных агентов в Семантическом зависит от количества доступного им веб-контента и автоматизированных сервисов (включая других агентов). Кроме того, агенты могут взаимодействовать и передавать информацию друг другу.

Перспективы Семантического Веб очевидны. Уже сегодня практически все известные компании уровня IBM, Adobe или Sun Microsystems, активно используют технологию Семантического Web в своих продуктах для решения задач управления данными. ИТ-компании активно инвестируют в проекты такого рода. К примеру, в Университете Саутгемптона была разработана система mSpace. Программное обеспечение этой системы представляет собой набор мощных инструментов, позволяющих собирать данные из различных источников и организовывать информацию по категориям и дающих возможность пользователю свободно ориентироваться в ней.

Семантические образовательные порталы. Актуальность исследований инновационных веб-технологий в образовании подтверждается финансированием на государственном и негосударственном уровнях. Университеты заинтересованы в том, чтобы попасть в число «экспериментальных площадок». Так, к примеру, университет City University London в сотрудничестве с University of Cambridge получили полуторамиллиардный грант, на который будут проводиться исследования по изучению образовательных возможностей семантических веб-технологий.

Можно выделить три основных сферы применения технологий Семантического Веба к организации образовательного процесса [2]:

1. Конструирование знаний (knowledge construction). Основной целью данного направления является организация семантического поиска по совокупности учебных материалов. Типичная ситуация: студент ищет в Сети информацию по какой-нибудь теме, например, «XSL-трансформация». Простейший способ – воспользоваться поисковой системой, такой как Google. Результатом выполнения запроса в такой системе станет огромное количество ссылок (в рассматриваемом примере – около 14 900), каждая из которых ведет на веб-страницу с новыми ссылками и т. д. Если запрашиваемые данные критически важны, то придется просмотреть каждый из таких ресурсов, что физически невозможно. Концепция Семантического Веба предполагает иную организацию подобного поиска: вместо бесконечного списка ссылок на веб-страницы – один отчет, содержащий в себе информацию, собранную из самых разных источников: веб-страниц, статей в электронных журналах, отдельных глав из электронных книг, видео на YouTube и пр. Информация в сформированном отчете будет представлена в структурированном виде, будут выделены опорные точки, учтены личные предпочтения пользователя (о которых Интернет заведомо «знает» за счет онтологических наработок).

2. Персонализованное обучение (Personal Learning Network Maintenance). У каждого пользователя в Сети есть свой круг интересов: языки программирования, базы данных, дизайн и пр. В соответствии с этими потребностями и ведется веб-серфинг: по веб-сайтам, блогам, видеосервисам, социальным сетям и т. д. Появившиеся в эпоху Веб 2.0 технологии RSS и Atom несколько упростили пользователям задачу, агрегируя обновления с интересующих сайтов, блогов, форумов и пр. Технологии Семантического Веба вводят понятие персональных образовательных агентов (personal learning agents), которые самостоятельно собирают информацию с доступных ресурсов. Тем самым каждый пользователь может создать вокруг себя персональную информационную сеть (personal learning network) – совокупность ресурсов, соответствующих его интересам, интеллектуальных программ, которые собирают важную для пользователя информацию из гетерогенных источников. Фактически каждая такая информационная сеть строится вокруг объектов знаний, а не сервисов.

3. Персонализированное управление образовательным процессом (personal educational administration). Семантический Веб позволит сделать более гибким процесс обучения (особенно это важно для дистанционного образования). Каждый студент сможет самостоятельно регулировать скорость своего обучения в зависимости от того, как быстро он справляется с учебной нагрузкой. В результате каждый пользователь своими действиями в системе обучения сам сможет настроить образовательный процесс, «заточить» его под себя.

Веб-порталы, построенные с использованием технологий Семантического Веба, относятся к категории семантических порталов. Под **семантическим порталом** понимается информационный портал, содержащий явное (в форме онтологий) представление собственной структуры и модели предметной области и реализующий сбор и публикацию информации в формате Семантического Web.

По аналогии с возможностями Веб 2.0 в образовательном процессе перспективы Веб 3.0 (как еще иногда называют Семантический Веб) позволяют реализовать следующие функции в образовательных системах:

- сбор данных о действиях студентов и построение модели студента,
 - адаптация представления и содержимого учебного материала,
 - объединение студентов в сообщества «по интересам»,
 - мониторинг освоения студентами знаний (кто-то быстрее, кто-то медленнее) и адаптация к этому учебного процесса,
 - интеллектуальные программные образовательные агенты (pedagogical agents)
- Семантические порталы поддерживают следующие расширения традиционного Веба [1]:
- многомерный поиск и навигация;

- возможность эволюции и расширения структуры информации;
- коллективное расширение структур и видов членами сообществ;
- поддержание портала путем агрегирования децентрализованных источников;
- межпортальная интеграция.

Семантические образовательные порталы реализуют структурный децентрализованный подход к использованию учебных материалов на основе онтологии.

В структуре семантического образовательного портала должны быть представлены следующие компоненты (рис. 3):

- хранилище знаний, в котором представлена онтология и база знаний с утверждениями фреймовой логики;
- модуль навигации, предназначенный для построения структур концептуальных гиперссылок;
- модуль запросов, используемый для интерпретации поисковых запросов от пользователей,

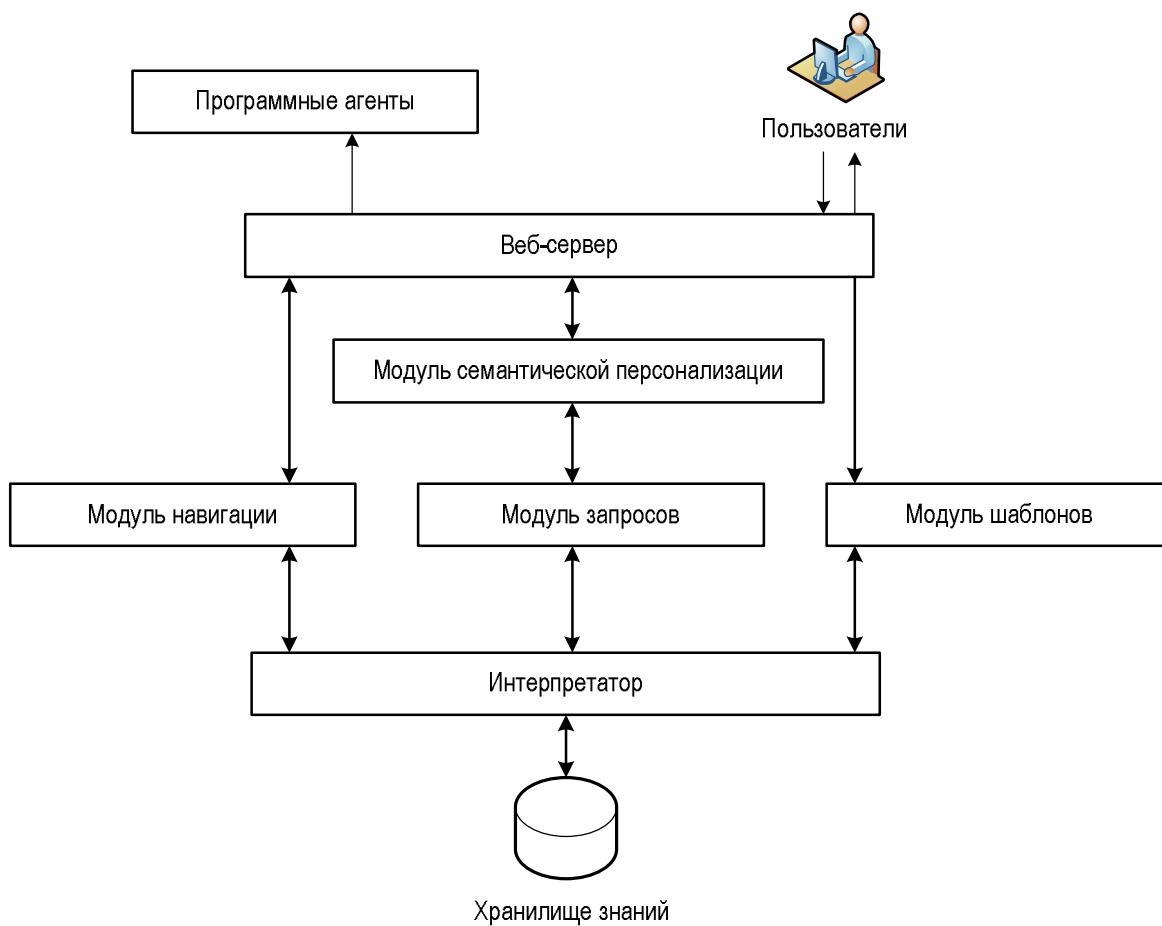


Рис. 3. Архитектура семантического портала

- модуль шаблонов, необходимый для генерации HTML-форм для каждого понятия, для которого пользователь может создавать экземпляры;
- модуль семантической персонализации, который позволяет адаптировать запросы пользователей с использованием онтологий и фреймовой логики.

Выводы. Таким образом:

- В настоящее время разработка и внедрение технологий Семантического Веба является магистральным направлением развития информационных технологий.
- Семантические образовательные порталы на основе технологий Семантического

Веба позволяют обеспечить большую гибкость и персонализацию процесса обучения, повысить качество обработки запросов пользователей, интегрировать информацию из гетерогенных источников.

– Разработка семантических образовательных порталов должна рассматриваться как приоритетное направление создания научно-образовательных информационных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пантелеев М. Г., Пузанков Д. В., Татаринов Ю. С. Перспективы использования технологий Семантического Web в образовательных порталах [Электронный ресурс] (www.ict.edu.ru/ft/005511/portal3-18.pdf)
2. Ohler J. The Semantic Web in Education [Электронный ресурс] (net.educause.edu/ir/library/pdf/eqm0840.pdf)

ОБ АВТОРАХ

Фото

Шакирова Гульнара Равилевна, доц. каф. автоматизированных систем управления УГАТУ. Дипл. инженер по АСОИУ (УГАТУ, 2005). Канд. техн. наук по математическ. и программн. обеспечению вычислительн. машин, комплексов и комп. сетей (УГАТУ, 2008). Исследования в области веб-технологий, баз данных, ситуационного управления.

e-mail: gulya_shakirova@mail.com

Фото

Попкова Екатерина Евгеньевна, асс., магистрант той же каф. Дипл. информатик-экономист (УГАТУ, 2010). Исследования в области образовательных технологий.

e-mail: popkova-katya@mail.ru

УДК 620.22

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ПО ВЫБОРУ МАТЕРИАЛА, ПОКРЫТИЯ И ДРУГИХ ВИДОВ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ АВИАЦИОННОГО ГТД

Ахмедзянов Д. А., Кишалов А. Е., Маркина К. В.

Процесс создания и совершенствования авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) в значительной мере определяется достижениями в области разработки материалов, покрытий и технологией их изготовления. Наибольшее влияние на прочностные характеристики основных деталей и сборочных единиц оказывают свойства материала и их условия работы (действующие напряжения, температуры и т.п.). На долговечность детали наибольшее влияние оказывают параметры конструкции (концентраторы напряжений и т.д.), условия работы (изменение нагрузки, температуры и т.п.), свойства поверхностного слоя деталей (и свойства их покрытий).

В современных условиях опытного и промышленного производства появляется необходимость ускорить и удешевить процесс разработки конструкции. Один из этапов разработки авиационного ГТД, и его отдельных узлов, это этап выбора материала и различных покрытий. Этот этап жизненного цикла изделия можно значительно сократить, используя электронные базы данных материалов и покрытий, применяемых в авиационных двигателях и экспертную систему, позволяющую автоматизировать этот процесс, сузить круг поиска материалов.

Основным этапом разработки экспертной системы является разработка базы данных материалов, покрытий и других видов подготовки поверхности. Материалы и покрытия, применяемые в авиационных ГТД, отличаются особыми требованиями к ним. Основными требованиями к материалам, используемым для изготовления деталей ГТД являются: высокая удельная прочность (высокие прочностные характеристики при низкой плотности материала), жаропрочность, сопротивление коррозии, стабильность и воспроизводимость механических свойств, хорошая обрабатываемость современными методами заготовительного производства, размерной обработки и т.д.

Выбор того или иного материала производится исходя из требований, предъявляемых к деталям или узлам.

Входное устройство

Входное устройство (ВУ) авиационного ГТД предназначено для обеспечения подвода необходимого количества воздуха к компрессору на всех режимах полета и осуществления (совместно с компрессором) процесса сжатия воздуха. В качестве основной нагрузки на элементы ВУ действует осевое усилие от газового потока.

В зависимости от уровня максимальной скорости полета ЛА, ВУ разделяются на дозвуковые, трансзвуковые и сверхзвуковые. Для дозвуковых ВУ, при рабочей температуре до 250°C, применяются листовые материалы – дуралюминий D1 (плотность – $\rho=2700 \text{ кг}/\text{м}^3$, предел прочности – $\sigma_b=360...410 \text{ МПа}$) и титановые сплавы. При работе сверхзвуковых ВУ могут быть режимы с высокими рабочими температурами до 500 °C, в этом случае применяют титановые сплавы или коррозионно-стойкую сталь, например 12Х18Н9Т ($\rho=7900 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=510...530 \text{ МПа}$) [1]. При температуре выше 500°C используют нержавеющую сталь X18Н9Т ($\rho=7900 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=880...930 \text{ МПа}$).

При полете ЛА возможно обледенение элементов ВУ, поэтому на них могут быть нанесены гидрофобные покрытия. Особенностью таких покрытий является неустойчивость тонких смачивающих водных слоев на их поверхности. Гидрофобность – свойство, которое определяется не столько характеристиками материала в целом, сколько свойствами и структурой приповерхностного слоя толщиной в несколько нанометров. В ВУ возможно попадание различных посторонних предметов, поэтому на детали ВУ наносят антиабразивные покрытия на основе полиуретановых и полимочевинных эластомеров, которые служат для упрочнения поверхностного слоя. Эти покрытия обладают отличной стойкостью к абразивному воздействию. Толщина сухой пленки составляет, как правило, 0,5-2,0 мм, возможно получение более толстых покрытий. Для снижения радиолокационной заметности в передней полусфере ЛА на элементы ВУ могут наноситься различные радиопоглощающие покрытия.

Компрессор

Компрессор ГТД служит для повышения давления воздуха перед подачей его в камеру сгорания. Процесс сжатия воздуха в многоступенчатом компрессоре (рис. 1) состоит из ряда последовательно протекающих процессов сжатия в отдельных его ступенях, который сопровождается ростом температуры. При выборе материалов для деталей осевого компрессора следует исходить из теплового состояния, сопротивления коррозии и эрозии и обеспечения требуемой долговечности.

Винтовентиляторные лопатки самые массивные лопатки в двигателе. Они характеризуются низкими рабочими температурами (до 200 °C). В корневом сечении на лопатки действуют огромные напряжения, поэтому лопатку утолшают.

Для изготовления винтовентиляторных лопаток используют легкие материалы, такие как магниевые сплавы и композитные материалы (в основном, стеклопластики) [2]. Для многолопастных высоконагруженных малошумных винтов винтовентиляторных двигателей используют высокопрочные стеклопластики, такие как СК-5-211Б, СК-2561 (прочность 1200...1500 МПа, вес в среднем 1,1 г/см³) на основе кордных стеклотканей Т-25(ВМ) и Т-50 (ВМП) и полимерных связующих. Для первых ступеней лопаток сверхзвуковых самолётов широко применяют универсальный титановый сплав ВТ6 ($\rho=4450$ кг/м³, $\sigma_b=960\text{--}1170$ МПа), длительно работающий при температуре 400...450 °C.

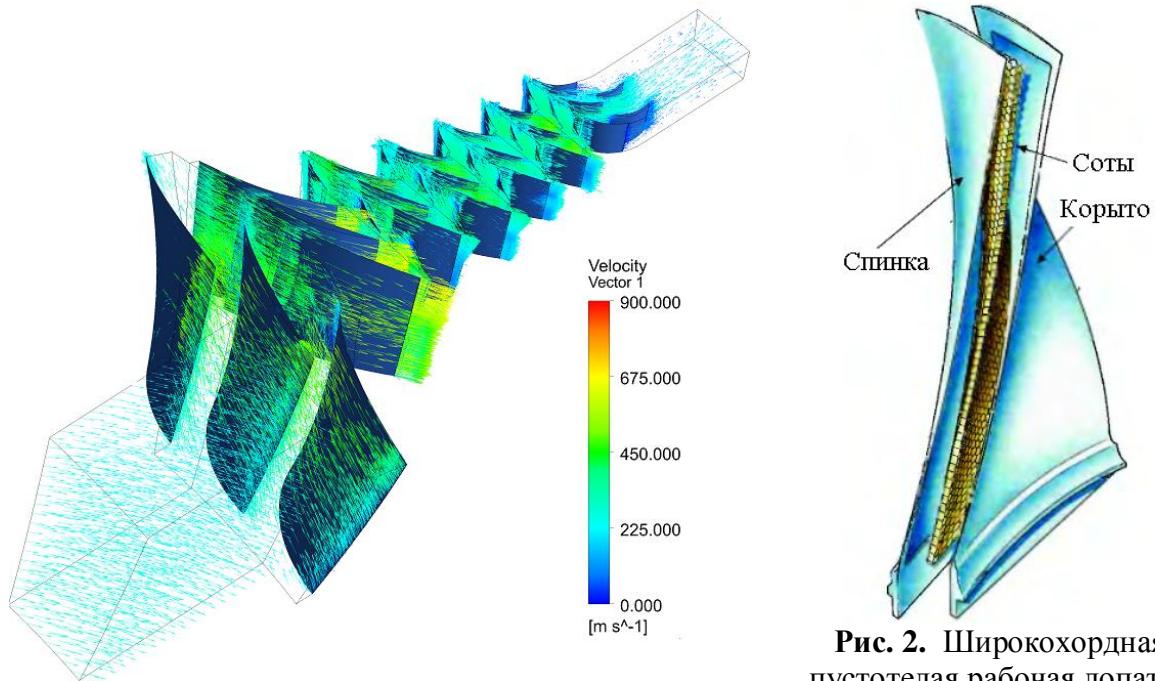


Рис. 1. Модель многоступенчатого осевого компрессора

Рис. 2. Широкохордная пустотелая рабочая лопатка вентилятора с сотовым заполнителем

Широко распространены лопатки малого удлинения или широкохордные лопатки, их изготавливают полыми или полыми с заполнителем (рис. 2). Лопатки вентилятора выполняют из титанового сплава с использованием штамповки и диффузационной сварки.

Рабочие лопатки (РЛ) при работе в зоне компрессора низкого давления (КНД) при температурах до 250 °C, применяются стекло- или углепластики, алюминиевые сплавы АК4-1 ($\rho=2800$ кг/м³, $\sigma_b=380\text{--}400$ МПа), ВД-17 ($\rho=2750$ кг/м³, $\sigma_b=500$ МПа). В зоне компрессора высокого давления (КВД) до 500 °C, применяются титановые сплавы ВТ8, ВТ-20 ($\rho=4450\text{--}4520$ кг/м³, $\sigma_b=930\text{--}1300$ МПа) и хромистая сталь 13Х14НВФРА ($\rho=7800$ кг/м³, $\sigma_b=1130$ МПа). Коррозионно-стойкие и теплостойкие стали используют до 650 °C – ХН45ВМТЮБР, 14Х17Н2 ($\rho=7750\text{--}8290$ кг/м³, $\sigma_b=835\text{--}1080$ МПа), хромоникелевая сталь Х12Н20Т2Р ($\rho=7900$ кг/м³, $\sigma_b=980$ МПа), до 750 °C и ХН35ВТЮ ($\rho=8040$ кг/м³, $\sigma_b=930$ МПа) при 700...800 °C.

Для обеспечения необходимого сопротивления усталости при попадании посторонних предметов РЛ первой ступени выполняют из коррозионно-стойкой стали. Последние ступени КВД работающих при температуре 650...800 °C – из жаропрочных сплавов на никелевой основе ХН70МВТЮБ ($\rho=8500$ кг/м³, $\sigma_b=700$ МПа), ХН77ТЮ ($\rho=8200$ кг/м³, $\sigma_b=981$ МПа), ХН45МВТЮБР ($\rho=8290$ кг/м³, $\sigma_b=1128$ МПа). Окончательную форму лопатки получают механической или электромеханической обработкой.

Жаростойкие защитные покрытия для РЛ КВД выполняются из перспективного сплава на основе титана ВТ41.

Направляющие лопатки нагружены меньше, чем РЛ. Материал в основном выбирается из действующих температур на лопатки и минимальной плотности, поэтому для них можно применить для лопаток направляющих аппаратов (НА) до 200°C – дуралюминий Д1, до 250 °C – малоуглеродистые стали, например, сталь 20 ($\rho=7850 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=500 \text{ МПа}$), до 450°C – 14Х17Н2 ($\rho=7750 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=942 \text{ МПа}$), до 750 °C – хромоникелевая сталь Х12Н20Т2Р ($\rho=7900 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=980 \text{ МПа}$). Для спрямляющих аппаратов и НА последних ступеней применяют сплавы, например, такие как сталь ЭИ961Л ($\rho=7840 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=1080 \text{ МПа}$) до 600 °C и железохромоникелевый жаропрочный сплав ХН45ВМТЮБР ($\rho=8290 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=1324 \text{ МПа}$).

Диски, барабаны и проставки ротора выполняют из материалов с высокой прочностью и сопротивлением к усталости. В зоне КНД при температуре до 250°C, применяются алюминиевые и титановые сплавы ВТ3-1 ($\rho=4500 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=1000-1250 \text{ МПа}$), до 450 °C – 18Х2Н4МА ($\rho=7950 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=620-1370 \text{ МПа}$). В зоне КВД при температуре до 500 °C используется жаропрочная сталь – ВТ8 ($\rho=4520 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=1100 \text{ МПа}$) и хромистая сталь 13Х14НВФРА ($\rho=7800 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=1130 \text{ МПа}$), до 550 °C – 3Х11Н2В2МФ ($\rho=7800 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=880...1080 \text{ МПа}$), до 650 °C – 13Х14Н3В2ФР ($\rho=7800 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=950 \text{ МПа}$), до 750 °C – хромоникелевую сталь Х12Н22Т3МР ($\rho=7950 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=880 \text{ МПа}$).

Корпус компрессора в зависимости от температурных условий может быть отлит из алюминиевого сплава АЛ4 ($\rho=2650 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=290 \text{ МПа}$) или АЛ5 ($\rho=2680 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=250 \text{ МПа}$) и упрочнен термообработкой и может использоваться до 250 °C. До 450 °C используют углерод-керамические композиционные материалы [2]. До 500 °C корпус изготавливают сварным из листового жаропрочного титанового сплава ВТ8 и жаропрочной стали 13Х14Н3В2ФР.

На вал **компрессора** действуют суммарные осевые силы и крутящие моменты. Наиболее часто для изготовления валов используют стали 12Х2Н4А ($\rho=7840 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=1270 \text{ МПа}$) – до 250 °C, 40Х2МА ($\rho=7800 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=1690 \text{ МПа}$), 13Х14НВФРА ($\rho=7800 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=1130 \text{ МПа}$) – до 500 °C и 18Х2Н4МА ($\rho=7950 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=1130 \text{ МПа}$) до 650 °C. Для валов характерны методы подготовки поверхности, создающие на поверхности сжимающие напряжения, повышающие длительную прочность и работоспособность.

Разработанное коррозионностойкое ионно-плазменное покрытие СДП-1+ВСДП-20, предназначено для защиты стальных лопаток и других деталей компрессора от солевой коррозии при температуре до 600 °C, и упрочняющие покрытия из карбида хрома (Cr_3C_2) и нитрида циркония (ZrN), обеспечивающие работу соответственно стальных и титановых лопаток компрессора при пылевой эрозии в общеклиматических условиях эксплуатации.

Применение ионной имплантации повышает эксплуатационные свойства металлов, работающих в условиях высоких температур. С помощью нее могут быть получены разные виды торможения процесса окисления металлов: снижение переноса по каналам ускоренной диффузии, полная блокировка окисления, ограничение растворимости кислорода в основном металле.

В ГТД V-го поколения актуальными задачами для обеспечения ресурса лопаток и других деталей компрессора является создание упрочняющих эрозионностойких покрытий, работоспособных во всеклиматических условиях; защита лопаток КВД с температурами до 650 °C из титановых сплавов нового поколения ВТ41, ВТИ-4 от насыщения их поверхности кислородом; создание демпфирующих покрытий для лопаток вентилятора и компрессора, повышающих их усталостную долговечность, а также покрытий для защиты замковых соединений титановых и стальных лопаток вентилятора и компрессора от контактного износа и фrettинг-коррозии.

Камера сгорания

В камерах сгорания (КС) горит топливно-воздушная смесь, достигая температур выше 1650 °C. При этом возникают термические напряжения и процессы малоцикловой усталости (МЦУ) и ползучести, вызванные перепадом давления внутри и вне камеры. Т.е.

материалы должны обладать низким коэффициентом термического расширения, хорошим сопротивлением МЦУ и ползучести при температурах 800...1000 °C, хорошей деформируемостью и свариваемостью [3].

В КС можно выделить два основных структурных элемента, это корпус КС и жаровая труба (ЖТ). Корпус КС воспринимает осевые и крутящие моменты от смежных корпусных деталей (от корпусов компрессора и турбины), перепад давления внутри и снаружи КС, термические нагрузки. ЖТ не воспринимает никаких нагрузок, кроме термических и газовых (перепад давления на стенках ЖТ может достигать 300 МПа) и необходима только для организации зоны горения и снижения температуры корпуса КС.

Напряжения, вызывающие разрушение конструкции, во многих случаях происходит от частых изменений режима работы двигателя, при которых происходит резкий перепад температур. Анализ разрушений конструкций показывает, что часть из них происходит из-за температурных напряжений в материале.

Для изготовления ЖТ применяются высококачественные жаропрочные и жаростойкие никельхромистые сплавы XH70Ю ($\rho=7900 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=980 \text{ МПа}$) работающих при температуре 800...900°C. Для КС, работающих при температуре 900°C, можно применять материалы, XH75MBTЮ ($\rho=8300 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=810 \text{ МПа}$), XH38BT ($\rho=8170 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=600...700 \text{ МПа}$), при температуре 950...1100 °C – XH60BT ($\rho=8800 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=716 \text{ МПа}$), XH78T ($\rho=8350 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=765 \text{ МПа}$). Эти сплавы имеют высокую прочность, стойкость к газовой коррозии, хорошо переносят вибрации, обеспечивают достаточную пластичность, легкость штамповки, волочения, сгибания и сварки.

Стенки жаровой трубы покрывают по внутренней поверхности слоем жаростойких эмалевых покрытий. Такое покрытие с низкой теплопроводностью обеспечивает снижение температуры стенки благодаря своим теплоизолирующими свойствам и частичному отражению излучения от продуктов сгорания. Для типичных режимных условий работы камеры сгорания керамическое покрытие толщиной 1 мм с коэффициентом теплопроводности $\alpha = 0,66 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ обеспечивает снижение температуры стенки камеры на 100 К. Кроме того, эмалевое покрытие защищает металл жаровой трубы от окисления при высоких температурах. Для сплава XH60B применяется эмаль типа ЭВ-55, основными компонентами которой являются диоксид кремния и оксид хрома (благодаря последнему, эмаль имеет зеленый цвет, рис.3). Жаростойкие эмали значительно снижают скорость окисления металлов при повышенных температурах. Так, покрытие ЭВ-55 уменьшает скорость окисления сплава 1X18H9T в 6 – 8 раз. Существенными недостатками эмалевых покрытий являются низкая термостойкость и прочность к удару.

Для изготовления **корпусных деталей** камер сгорания, работающих при низких температурах (450...500 °C), используют жаропрочные титановые сплавы, имеющие плотность около 4500 $\text{кг}/\text{м}^3$, например, сплавы BT3-1, BT-8, BT-9. В диапазоне температур 600...750 °C для корпусных деталей используют жаропрочные стали и сплавы на никелевой основе 1Х12Н2ВМФ ($\rho=7800 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=880...1080 \text{ МПа}$), 10Х11Н20Т2Р ($\rho=7900 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=740 \text{ МПа}$).

Форсажная камера сгорания

Основными элементами форсажной камеры (ФК) сгорания являются диффузор, фронтовое устройство, ЖТ, теплозащитный и антивибрационный экраны, корпус (рис. 4).

Для изготовления деталей ФК в основном применяются жаропрочные материалы. Материалы выбираются в зависимости от условий работы и температуры элементов ФК. Так, например, для изготовления корпуса диффузора, корпуса жаровой трубы и экранов ФК ТРДФ, работающих при температуре 900...1100 °C, применяют листовой материал XH60B ($\rho=8800 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\sigma_b=750 \text{ МПа}$). В то же время наружные корпусы и смесители ФК ТРДДФ, температура которых благодаря интенсивному охлаждению воздухом второго контура не превышает 300...400 °C, изготавливают и из титановых сплавов ОТ4-1 и ВТ-20.

Конструкция **диффузора** выполняется из листового жаропрочного материала, например, ХН60В с применением контактной сварки и сварки плавлением. В ТРДДФ наружные обечайки диффузоров, интенсивно охлаждающиеся воздухом из второго контура, можно выполнять из титановых сплавов ОТ4-1 ($\rho=4550$ кг/м³, $\sigma_b=590\ldots690$ МПа) и ВТ-20.

ЖТ представляет собой тонкостенную цилиндрическую или коническую оболочку. Наружная стенка ЖТ обычно выполняется из листового жаропрочного материала. В ФК ТРДДФ для снижения массы наружную стенку часто выполняют из листового титанового сплава.



Рис. 3. Детали с жаростойким эмалевым покрытием

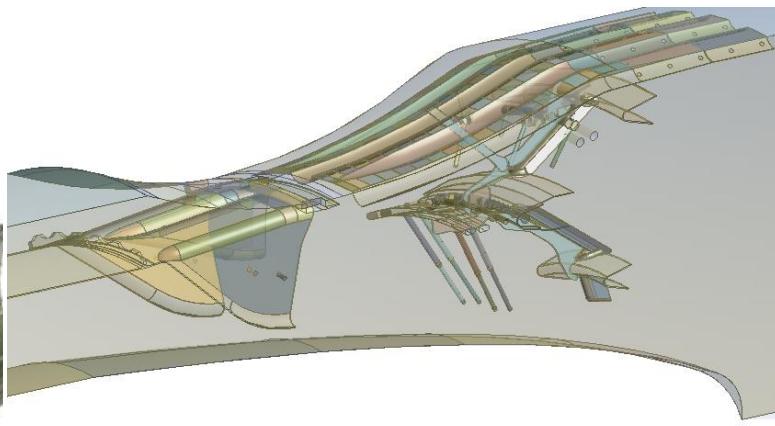


Рис. 4. Элементы форсажной камеры сгорания двигателя АЛ-31Ф

При выборе материала следует учитывать величину плавления. Это относится к материалам подвергающимся нагреву до 1100…1200 °С, при относительно низкой нагрузке. Для защиты от газовой коррозии применяют покрытие стабилизаторов и экранов тугоплавкими хромовыми или силиконовыми эмалями.

Турбина

Турбины ГТД это лопаточные машины, предназначенные для превращения кинетической и потенциальной энергии рабочего тела в энергию механического вращения. Элементарная ступень турбины состоит из соплового аппарата и рабочего колеса (РК) турбины. Значительные температуры нагрева и резкие их изменения, статическая, динамическая и циклическая загруженность и ряд других факторов обусловили специфические требования к выбору конструкционных материалов для основных деталей газовых турбин. В числе этих требований: длительная жаропрочность, сочетание высокой сопротивляемости ползучести при достаточной пластичности, стойкость против газовой коррозии и эрозии, достаточно высокая теплопроводность и др.

Направляющие (сопловые) лопатки на выходе из КС ускоряют горячий рабочий поток газов и разворачивают его под нужным углом для входа в рабочую часть турбины. Так как работы газ не совершает, то его температура снижается только за счет подаваемого компрессором воздуха, а так как температура газов в общем случае превышает температуру плавления металла лопаток, требуется их интенсивное охлаждение.

Лопатки первой ступени изготавливают из жаропрочных сталей на никелевой основе ЖС3 ($\rho=8200$ кг/м³, $\sigma_b=740$ МПа), ХН70МВТЮБ ($\rho=8040$ кг/м³, $\sigma_b=706$ МПа) до 900 °С, ЖС6-К ($\rho=8100$ кг/м³, $\sigma_b=980$ МПа) при 800…1000 °С и на кобальтовой основе ЛК-4 ($\rho=8300$ кг/м³, $\sigma_b=740$ МПа). Хромоникелевая сталь Х12Н22Т3МР ($\rho=7950$ кг/м³, $\sigma_b=880$ МПа) используется до 750 °С.

Рабочие лопатки газовых турбин испытывают высокие переменные напряжения и напряжения изгиба, вызывающие усталость материала. Напряжения в лопатках составляет около 250…300 МПа. Таким образом, материал для РЛ должен хорошо сопротивляться

ползучести, МЦУ, газовой коррозии и окислению, иметь высокие пределы прочности и текучести, иметь хорошую вязкость [3]. При высоких температурах газов применяют охлаждаемые лопатки или более жаропрочные материалы (сплавы на молибденовой или ниобиевой основе). Однако ниобиевый сплав без специальных покрытий неработоспособен, так как при температуре выше 200°C насыщается газами и интенсивно окисляется.

Выполняются РЛ из хромоникелевой стали X12H20T2Р ($\rho=7900$ кг/м³, $\sigma_b=980$ МПа) и сплава на никелевой основе XН77ТЮР ($\rho=8200$ кг/м³, $\sigma_b=1080$ МПа) при температуре использования до 750 °C и ВЖЛ10 ($\rho=8080$ кг/м³, $\sigma_b=930$ МПа) до 800 °C. При 800...850 °C используются стали XН70ВМТЮ ($\rho=8400$ кг/м³, $\sigma_b=1100$ МПа) и XН70МВТЮБ ($\rho=8500$ кг/м³, $\sigma_b=1080$ МПа). При 800...1000 °C – жаропрочные сплавы на никелевой основе ЖС3, ЖС6К, ЖС6-КП ($\rho=8250$ кг/м³, $\sigma_b=1080$ МПа). Для увеличения усталостной прочности заготовка лопатки штампуется, а окончательная форма лопатки создается механической или электрохимической обработкой.

Вакуум-плазменные покрытия наносят на лопатки турбин, что в результате увеличивает их долговечность.

В связи с ростом температуры на входе в турбину ГТД используются технологии создания двух-, трехслойных термостойких, термобарьерных покрытий потоками высокотемпературной импульсной плазмы. Внешний керамический барьерный слой (ZrO_2 - Y_2O_3 , ZrO_2 - MgO) толщиной 70-80 мкм наносится на подслой керамики и металла (65/35) и слой металла (Ni-Cr-Al-Y), находящийся на основной подложке. Толщина системы достигает 500 мкм. Тепловое упрочнение позволяет создать стойкое керамическое покрытие, которое способствует увеличению долговечности высоконагруженных элементов ГТД.

Диски осевых турбин воспринимают радиальные, центробежные и тангенциальные растягивающие усилия. Пуски и остановки вызывают в дисках явление МЦУ. Таким образом, материал для дисков должен обладать высокой долговременной прочностью при температурах порядка 650...750 °C, иметь высокую вязкость разрушения при этих температурах и хорошее сопротивление МЦУ. Часто для дисков турбин допускается работа в зоне пластических деформаций (напряжения достигают 50...70 МПа). Применяются сплавы на никелевой основе XН77ТЮР ($\rho=8400$ кг/м³, $\sigma_b=980$ МПа) и хромоникельмарганцовистая жаропрочная сталь 37Х12Н8Г8МФБ ($\rho=7850$ кг/м³, $\sigma_b=830$ МПа) до 750°C, а при более высоком нагреве – из сплав XН73МВТЮ ($\rho=8320$ кг/м³, $\sigma_b=1120$ МПа) при 750...800 °C.

Корпусные детали турбин по сравнению с корпусами компрессоров, отличаются сложностью формы и к их изготовлению предъявляются высокие требования в отношении точности размеров, взаимного расположения поверхностей, герметичности, прочности и устойчивости. Изготавливают из сталей 13Х11Н2В2МФ ($\rho=7800$ кг/м³, $\sigma_b=1080$ МПа) до 600°C, X12H20T2Р ($\rho=7900$ кг/м³, $\sigma_b=980$ МПа) до 750 °C, X15H30ВМТ ($\rho=8290$ кг/м³, $\sigma_b=1080$ МПа) до 800°C, 20Х23Н18 ($\rho=7900$ кг/м³, $\sigma_b=630$ МПа) до 900 °C.

Валы турбин работают в аналогичных условиях с валами компрессоров, но температуры на них могут достигать и несколько больших значениях. Используют 13Х14Н3В2ФР ($\rho=7800$ кг/м³, $\sigma_b=1130$ МПа) до 500°C, цементуемая и улучшаемая сталь 18Х2Н4МА ($\rho=7800$ кг/м³, $\sigma_b=785$ МПа) и улучшаемая сталь 40ХН2М ($\rho=7800$ кг/м³, $\sigma_b=980$ МПа).

Выходное устройство и сопла

Выходные устройства ГТД работают в тяжелых условиях при высоких температурах. Детали выходных устройств на безфорсажных ГТД работают при температурах 650...900 °C. При рабочих температурах до 650...750 °C их изготавливают из жаростойкой хромоникелевой стали 12Х18Н9Т или из жаростойкой хромоникелевой стали с ниобием X18Н11Б ($\rho=7900$ кг/м³, $\sigma_b=560$ МПа) до 850 °C, при более высоких температурах – из жаростойких сплавов на никелевой основе XН75МВТЮ ($\rho=8300$ кг/м³,

$\sigma_b=809$ МПа) и ХН60БТ ($\rho=8550$ кг/м³, $\sigma_b=736$ МПа). Для корпусных деталей ТРДД, охлаждаемых воздухом из под мотогондолы и защищаемых воздухом наружного контура широко применяются титановые сплавы, например ОТ4-1 ($\rho=4550$ кг/м³, $\sigma_b=590...690$ МПа).

При больших скоростях полета применяют жаропрочные стали ВЖ-98, и титановый сплав ОТ4-1. Сплав ОТ4-1 сваривается в аргоновой среде (во избежание окисления и появления хрупкости). В ряде случаев применяют точечную сварку, но она не надежна, так как в деталях возникают трещины. Лучше точечную сварку заменить заклепочным соединением.

Выводы

При выборе материалов, покрытий и других видов подготовки поверхности, для основных элементов ГТД, конструктор должен учитывать требуемый уровень прочности, надёжности и долговечности детали, а также технологию её изготовления, экономию металла и специфические условия службы детали (температура, окружающая среда, нагружения и т.п.).

Единых принципов при выборе материала и покрытий пока не разработано и каждый конструктор выполняет эту задачу в зависимости от своего опыта и знаний, вследствие этого при выборе материала случаются и ошибки, что может привести к нежелательным последствиям.

Одним из способов решения данной проблемы это автоматизация выбора материала и покрытия при помощи разрабатываемой экспертной системы. Такая система экспертной оценки, включающая в себя базы данных материалов, покрытий и других видов подготовки поверхности, может быть использована для принятия решений по выбору материалов на ранних этапах проектирования авиационных двигателей в зависимости от прикладываемых нагрузок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конструкция и проектирование авиационных газотурбинных двигателей / под общ. ред. Д.В. Хронина М.: Машиностроение, 1989. – 368 с.
2. Неметаллические композиционные материалы в элементах конструкций и производстве авиационных газотурбинных двигателей: Учеб. пособие для вузов / Ю.С. Елисеев и др. – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2007. – 368 с.
3. Новые материалы. Колл. авторов. Под научной редакцией Ю.С. Карабасов. – М: МИСИС. – 2002 – 736 с.
4. Материалы деталей авиационных газотурбинных двигателей методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Составитель Харитонов В.Ф. – Уфа: УГАТУ, 2004. – 38 с.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.B37.21.1848.

ОБ АВТОРАХ



Ахмедзянов Дмитрий Альбертович, проф. каф. авиац. двигателей, зам. декана ФАД. Дипл. инж. по авиационным двигателям и энергетическим установкам (УГАТУ, 1997). Д-р техн. наук по тепловым, электроракетным двигателям и энергоустановкам ЛА (УГАТУ, 2007). Исследования в области рабочих процессов в авиационных ГТД на установившихся и неустановившихся режимах, разработка математических моделей сложных технических объектов, автоматизации испытаний.

Тел. (347)2737954, e-mail: ada@ugatu.ac.ru



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

Тел. (347)2737954, e-mail: kishalov@ufanet.ru



Маркина Ксения Васильевна, аспирант каф. авиац. двигателей, дипл. инж. по авиационной и ракетно-космической теплотехнике (УГАТУ, 2012). Исследования в области процессов, протекающих в компрессорах авиационных ГТД с использованием имитационного и 3D-CAD/CAE моделирования.

e-mail: markina_kseniya@mail.ru

УДК 621.45.02

ОБЗОР И АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА В ОСНОВНЫХ УЗЛАХ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Ахмедзянов Д. А., Кишалов А. Е., Шабельник Ю. А., Маркина К. В., Полежаев Н. И.

Введение

Создание современного авиационного двигателя – комплексный процесс, базирующийся на современных достижениях многих отраслей науки и техники. Газотурбинному авиационному двигателестроению уже более семидесяти лет. За эти годы авиационный двигатель прошел несколько этапов совершенствования. Основные этапы развития авиационных ГТД военной и гражданской авиации можно охарактеризовать сменой поколений двигателей. Поколения характеризуются типажом и конструктивными схемами ГТД, уровнем параметров цикла, конструктивными особенностями узлов, а также применяемыми материалами и технологиями изготовления.

В настоящее время в России продолжается эксплуатация двигателей, относящиеся к третьему и четвертому поколению, перспективными считаются двигатели пятого, за рубежом уже активно эксплуатируются двигатели пятого поколения, и перспективными считаются двигатели шестого поколения.

Со сменой поколений значительно изменяются параметры потока в основных узлах авиационных ГТД, а параметры потока, как правило, являются основным фактором при выборе материала для основных элементов конструкции. Параметры потока являются основными исходными данными для работы экспертных систем по выбору материала [1].

Обзор параметров двигателей разных поколений

Третье поколение ГТД (начиная с 60-х годов) характеризуется созданием двухконтурных двигателей с малой и умеренной степенью двухконтурности ($m = 0.5 \dots 2.5$) для гражданских самолетов; дальнейшим развитием ТРДФ и появлением ТРДДФ (как модификации гражданских ТРДД) для военных самолетов и сверхзвуковых пассажирских самолетов; а главное – внедрением внутреннего конвективного воздушного охлаждения рабочих лопаток турбин при повышении T_{e}^* до $1350 \dots 1450$ К. Компрессоры в

основном двухвальные, рассчитанные на $\pi_k^*=15\dots20$. При дальнейшем совершенствовании качества всех материалов заметно возрастает доля жаропрочных сплавов и титана [2].

Четвертое поколение ГТД характеризуется их интенсивным развитием. Это поколение двигателей очень разнообразно, их внедрение началось в 70-х годах и продолжалось в 90-х. Параллельно развивались новые дозвуковые ТРДД с большой степенью двухконтурности ($m \geq 4\dots6$) для гражданских и военно-транспортных самолетов и ТРДДФ для военных сверхзвуковых самолетов различного назначения. Степень повышения давления в двух- и трехвальных компрессорах возросла до 25...30 в сверхзвуковых и до 30...40 в дозвуковых ТРДД. Температура газов на входе в турбину увеличилась до 1500...1700 К и более благодаря комбинированному конвективно-заградительному охлаждению, внедрению литья рабочих лопаток с направленной кристаллизацией, монокристаллических лопаток, а также благодаря освоению производства дисков методом порошковой металлургии и т.п.

В этом поколении двигателей остро встали проблемы сокращения числа ступеней лопаточных машин, что потребовало интенсификации газодинамических процессов, решения проблемы совершенствования материалов, методов прочностного проектирования.

Пятое поколение ГТД, появившееся в конце 90-х годов на зарубежном рынке авиации, имеет температуру газа перед турбиной 1850...1950 К, минимальное число деталей и отношение тяги к массе для военных ТРДДФ 9...10. Применительно к дозвуковой области скоростей при более умеренной температуре газа перед турбиной и величине $\pi_k^* \geq 50$ созданы высокосовершенные двухконтурные двигатели с большой степенью двухконтурности $m = 8\dots10$. Высокосовершенные лопаточные машины (компрессоры и турбины) спроектированы на основе трехмерного моделирования. В их конструкции широко используются высокопрочные сплавы, монокристаллические турбинные лопатки с высокоэффективной системой охлаждения, облегченные (полые или углепластиковые) рабочие лопатки вентилятора, высоконапорные ступени компрессора типа «блиск», соединенными сваркой трением, корпуса и другие статорные детали из композиционных материалов на основе органической и интерметаллидной матрицы и другие наукоемкие конструктивные и технологические решения. Улучшения параметров цикла позволило увеличить энергоемкость (работоспособность) газа, проходящего через газогенератор двигателя. Это способствует увеличению объемной тяги и снижению массы двигателя.

Анализ параметров потока

Важнейшим параметром, определяющим совершенство цикла и ГТД в целом, как теплового двигателя, является температура газа перед турбиной. С увеличением температуры пропорционально увеличивается удельная работа цикла, а также повышается эффективный КПД. Зависимость показателей цикла от степени сжатия более сложная: с увеличением π_{Σ}^* удельная работа и эффективный КПД цикла сначала увеличиваются, а затем, достигнув максимума (оптимума) снижаются [2].

Для любого типа ГТД повышение температуры газов перед турбиной означает улучшение удельных параметров двигателя (повышение удельной тяги ТРД и ТРДД, снижение удельной массы всех типов ГТД, повышение лобовой тяги ТРД и ТРДД). Максимально достижимая температура (стехиометрическая) определяется из условия полного использования в процессе горения кислорода воздуха (т.е. коэффициент избытка воздуха в камере сгорания равен единице). Для углеводородного топлива эта температура зависит от температуры за компрессором и составляет $T_g^*=2200\dots2800$ К.

Выбор оптимальной степени сжатия ГТД зависит от назначения двигателя, режимов эксплуатации, размерности. Например, высокая степень сжатия приводит к

уменьшению размеров проточной части последних ступеней компрессора и первых ступеней турбины. А это неблагоприятно сказывается на КПД этих узлов, и выигрыш КПД цикла от повышения π^* может быть сведен на нет уменьшением КПД компрессора и турбины. Поэтому, как правило, более высокие π^* применяются в ГТД больших размерностей [2].

Для наглядного представления об изменении параметров авиационных ГТД в течение смены поколений рассмотрим двигатели гражданской и военной авиации, применяемые на отечественных и зарубежных летательных аппаратах 3-5 поколений [3], [4] (см. таблицу 1).

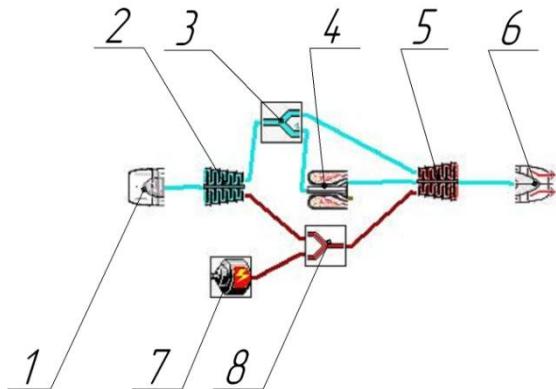
Таблица 1
Рассматриваемые двигатели

Название двигателя	Тип	Поколение	Самолет	Разработчик	Год разработки
Гражданские/Транспортные					
АИ-20Д	ТВД	3	АН-10, ИЛ-18	Ивченко-Прогресс	1957
Д-20П	ТРДД	3	ТУ-124	Ивченко-Прогресс	1960
АИ-24А	ТВД	3	АН-24	Ивченко-Прогресс	1962
АИ-25	ТРДД	3	ЯК-40	Ивченко-Прогресс	1967
Д-30КП	ТРДДсм	4	ИЛ-76, А-50, А-40	Авиадвигатель	1972
Д-36	ТРДД	4	ЯК-42, АН-72, АН-74	Ивченко-Прогресс	1974
RB211-524B	ТРДД	4	L1011-200? Boeing 747-200	Rolls Royce	1977
НК-86	ТРДД	4	ИЛ-86	СНТК им. Кузнецова	1981
Д-18Т	ТРДД	4	АН-124, Руслан, АН-225	Ивченко-Прогресс	1982
PW300	ТРДД	4	Hawker1000	Pratt & Whitney Canada	1985
PW4462	ТРДД	4	Boeing 767	Pratt & Whitney	1985
ПС-90А	ТРДДсм	4	ИЛ-96-300, ТУ-204, Ту-214	Авиадвигатель	1991
CFM-56	ТРДД	4	A320	General electric и Snecma	2000
CF6-50-C2	ТРДД	4	A300B, Boeing 747-200	General electric	2005
Trent 900	ТРДД	5	A380	Rolls Royce	2006
RB211-822	ТРДД	5	Boeing 777	Rolls Royce	2008
Военные					
J79-GE-119	ТРДФ	3	F-16/79	General electric	1955
RB168-25R	ТРДДФ	3	2F-4K, F-4М	Rolls Royce	1956
Д-30Ф6	ТРДДФ	4	МиГ-31	Авиадвигатель	1979
M88-2	ТРДДФ	4	«Рафаэль» В	Snecma	1980
РД-33	ТРДДФ	4	МиГ-29	Климов	1981
RB199-34R	ТРДДФ	4	«Торнадо»	Turbo-Union	1982
F119-PW-100	ТРДДФ	4	F-22	Pratt & Whitney	1983
АЛ-31Ф	ТРДДФ	4	Су-27, Су-30, Су-37, Су-33	ОКБ им. Люльки	1986
F414-GE-400	ТРДДФ	5	F/A-18E/F	General electric	1998
F100-PW-229A	ТРДДФ	5	F-15, F-16	Pratt & Whitney	2001

Для определения параметров потока в проточной части двигателей была проведена

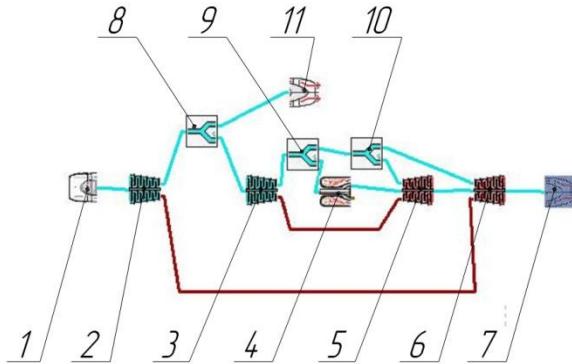
параметрическая идентификация математических моделей этих двигателей в СИМ DVIGwp на взлётных режимах, по методике [5]. На рисунках 1-4 представлены топологические схемы некоторых основных типов моделируемых ГТД.

Для работы экспертной системы по выбору материала [1] необходимые данные определяются при проведении термогазодинамических расчетов в СИМ DVIGwp. В ходе расчетов определяются основные параметры потока (температуры, давления, состав рабочего тела, скорости (в сопле)) за основными узлами ГТД



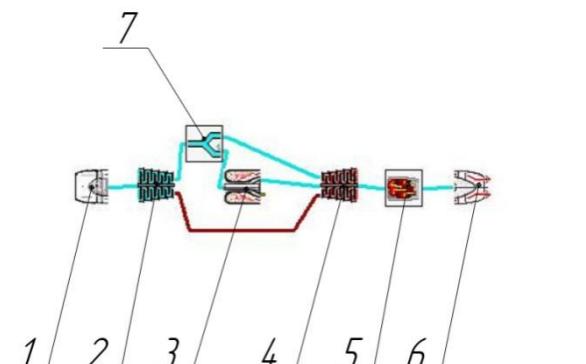
1 – входное устройство, 2 – компрессор, 3 – отбор воздуха, 4 – камера сгорания, 5 – турбина, 6 – реактивное сопло, 7 – источник-потребитель мощности, 8 – суммирование мощности.

Рис. 1. Топологическая схема ТВД (AI-24A, AI-20Д)



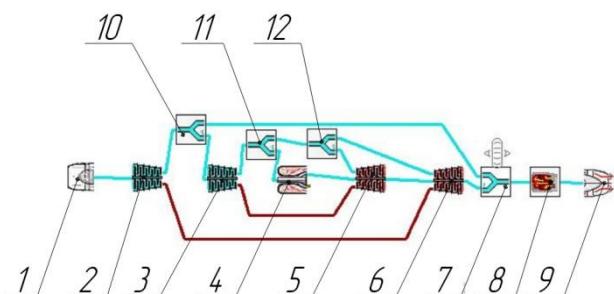
1 – входное устройство, 2 – компрессор НД, 3 – компрессор ВД, 4 – камера сгорания, 5 – турбина ВД, 6 – турбина НД, 7 – реактивное сопло, 8, 9, 10 – отбор воздуха, 11 – сопло наружного контура

Рис. 2. Топологическая схема ТРДД (PW4462, CF6-50 и др.)



1 – входное устройство, 2 – компрессор, 3 – камера сгорания, 4 – турбина, 5 – форсажная камера, 6 – реактивное сопло, 7 – отбор воздуха

Рис. 3. Топологическая схема ТРДФ (J79)



1 – входное устройство, 2 – компрессор НД, 3 – компрессор ВД, 4 – камера сгорания, 5 – турбина ВД, 6 – турбина НД, 7 – смеситель, 8 – форсажная камера, 9 – реактивное сопло, 10, 11, 12 – отбор воздуха

Рис. 4. Топологическая схема ТРДДФ (РД-33, F100 и др.)

Для того чтобы оценить характер поведения параметров и иметь возможность прогнозировать возможные параметры для будущих перспективных двигателей (шестого поколения) рассмотрим изменение основных параметров в узлах ГТД в зависимости от года разработки. На рисунках 5 – 16 представлены обезразмеренные величины параметров цикла, отнесенные к максимуму для каждого показателя, среди рассматриваемых двигателей, в зависимости от года разработки. Отчетливо прослеживается тенденция

улучшения параметров цикла, при этом зарубежные аналоги, как правило, опережают российские разработки.

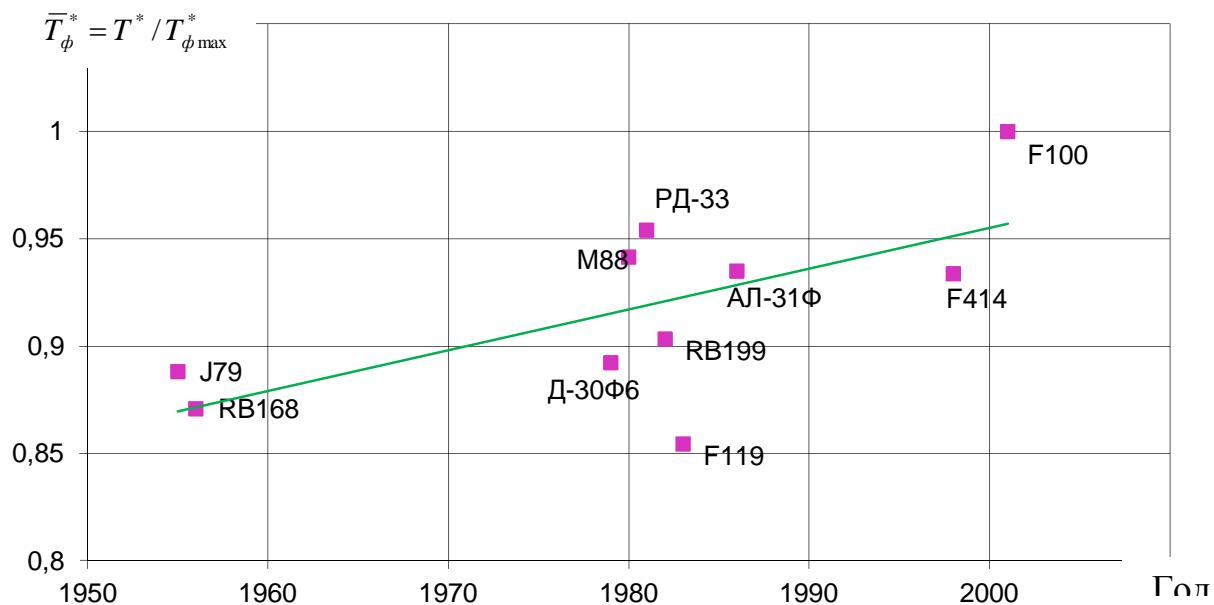


Рис. 5. Температура за ФК в зависимости от года разработки

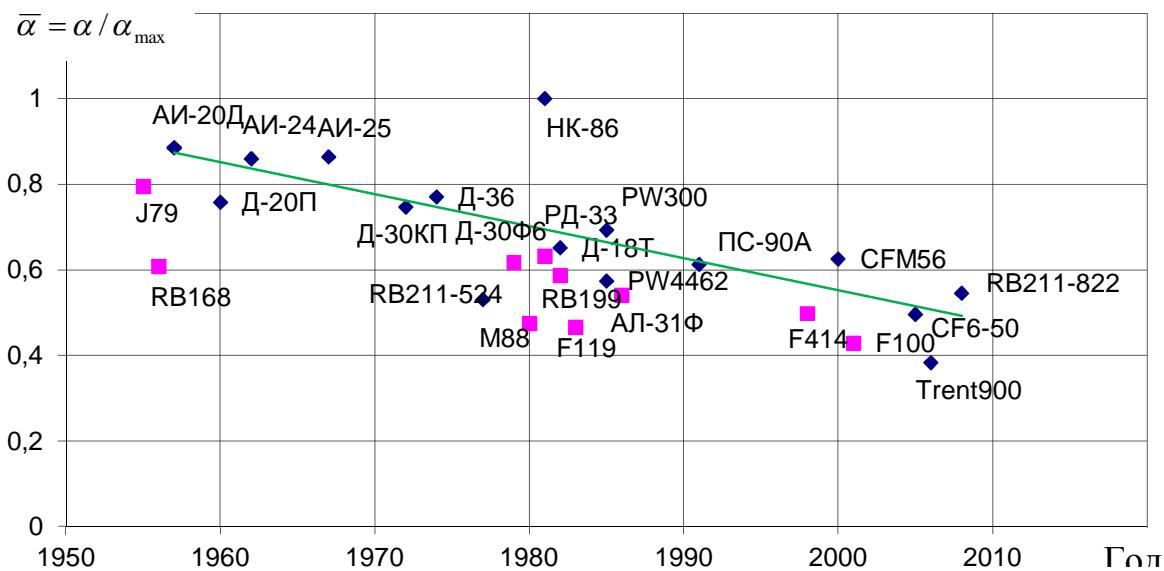


Рис. 6. Коэффициента избытка воздуха за КС в зависимости от года разработки

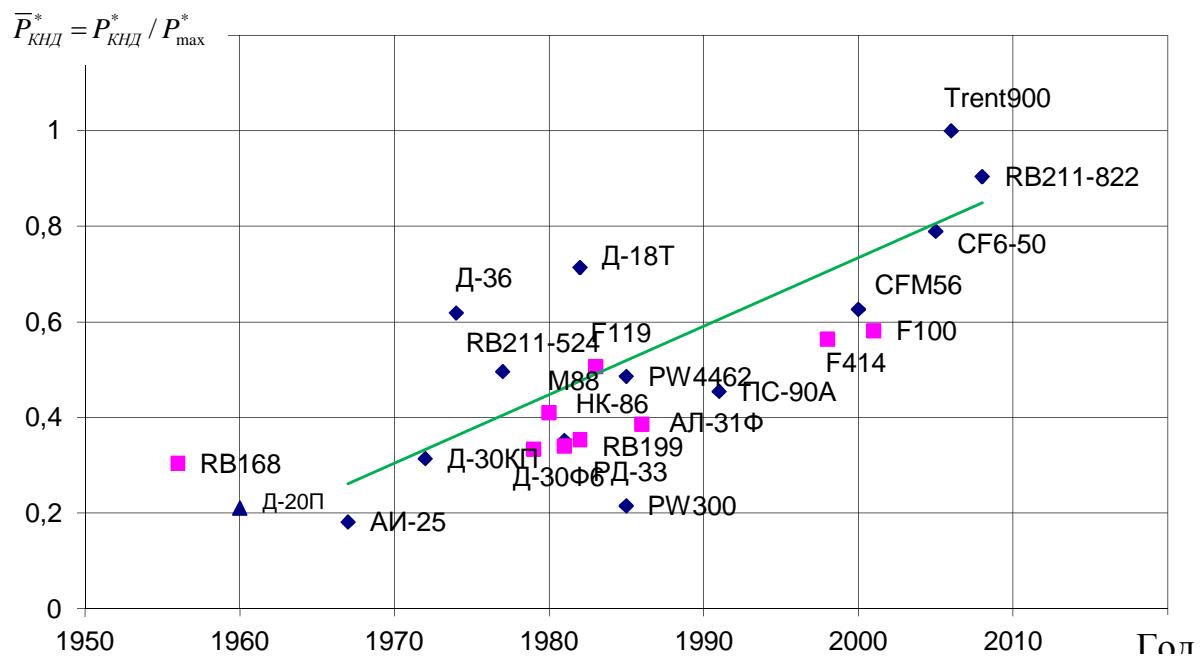


Рис. 7. Изменение давления за компрессором низкого давления в зависимости от года разработки

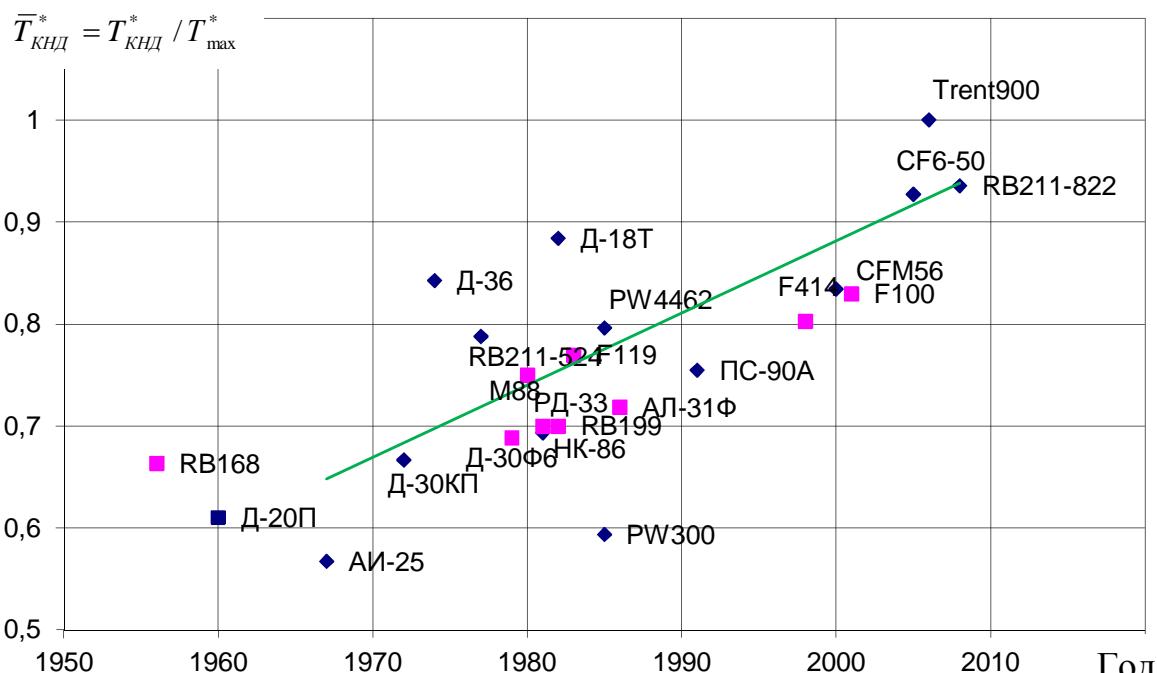


Рис. 8. Изменение температуры за компрессором низкого давления в зависимости от года разработки

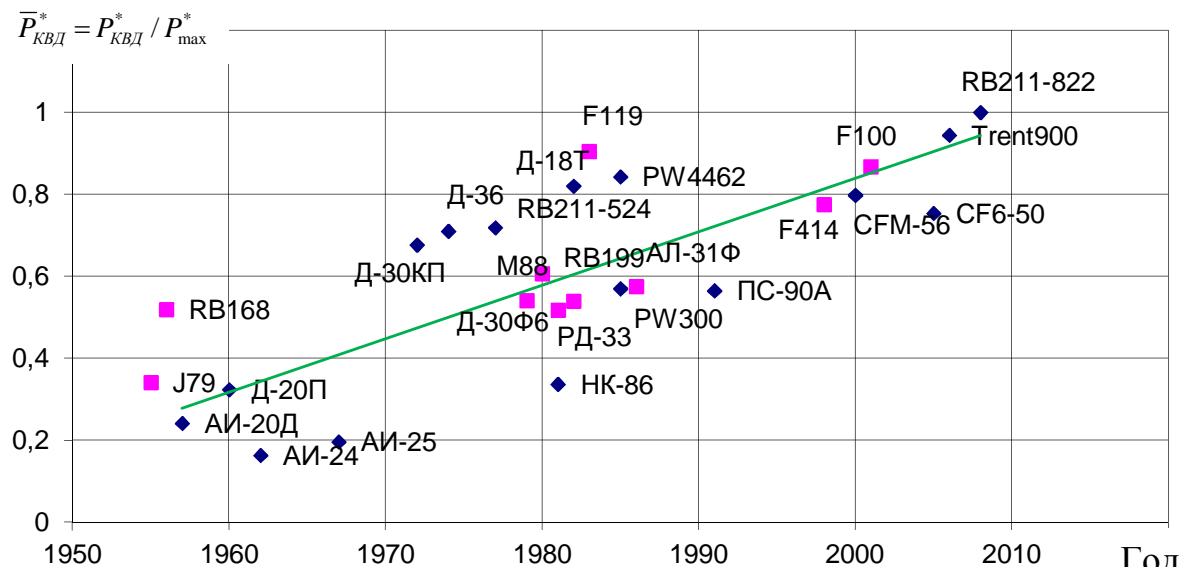


Рис. 9. Изменение давления за компрессором высокого давления в зависимости от года разработки

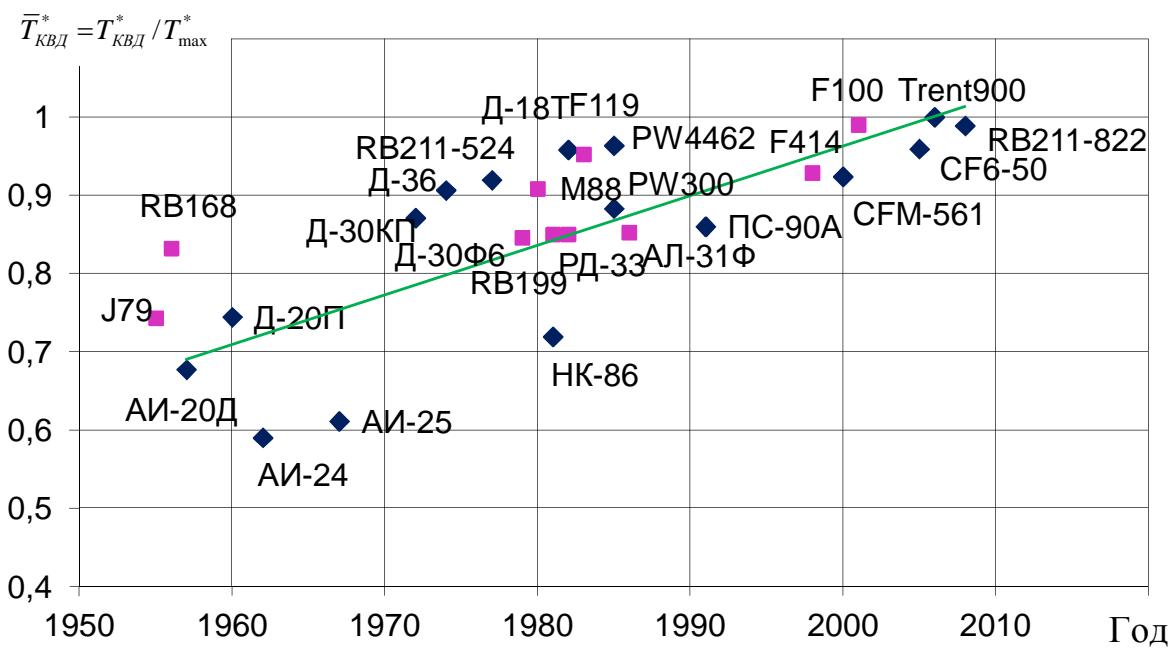


Рис. 10. Изменение температуры за компрессором высокого давления в зависимости от года разработки

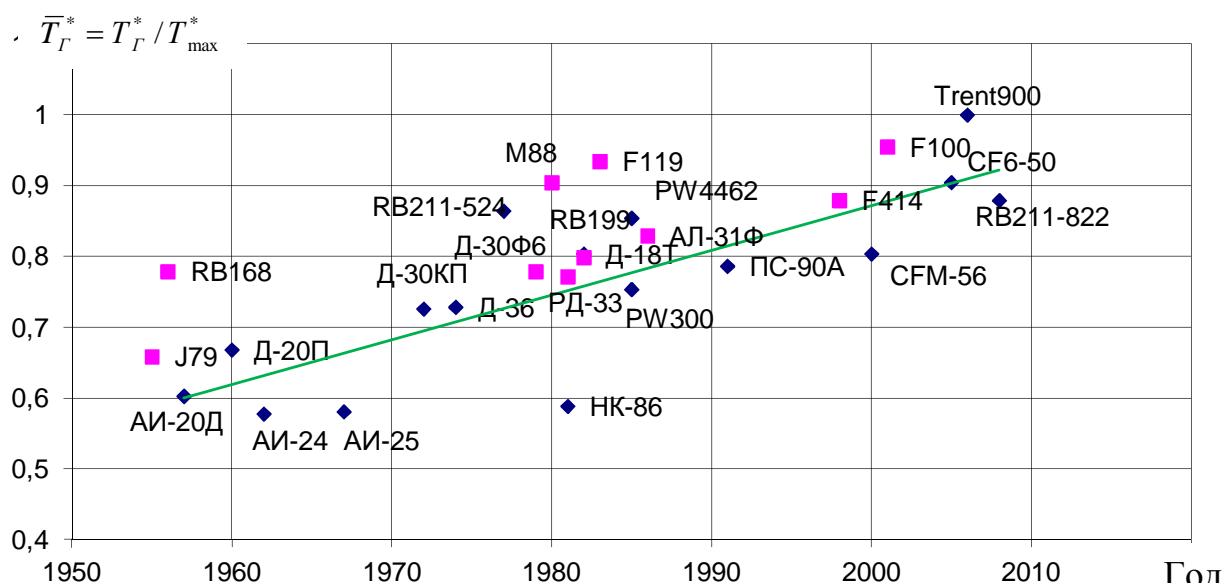


Рис. 11. Изменение температура газов за КС в зависимости от года разработки

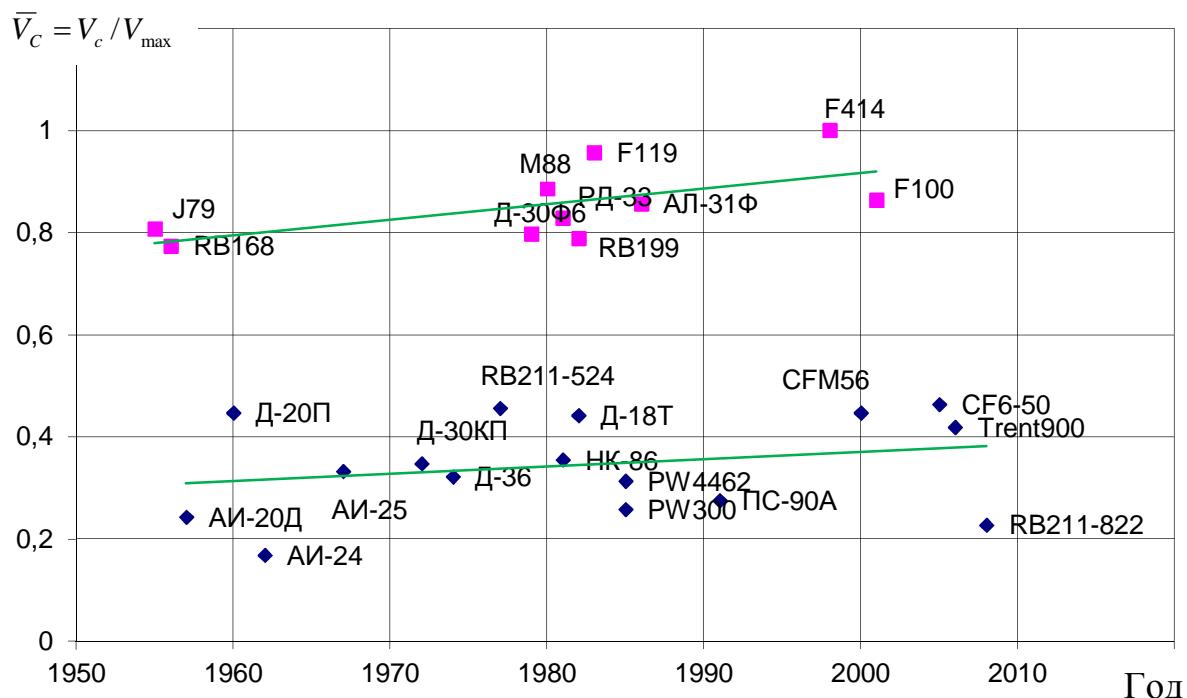


Рис. 12. Изменение скорости истечения газа на срезе сопла в зависимости от года разработки

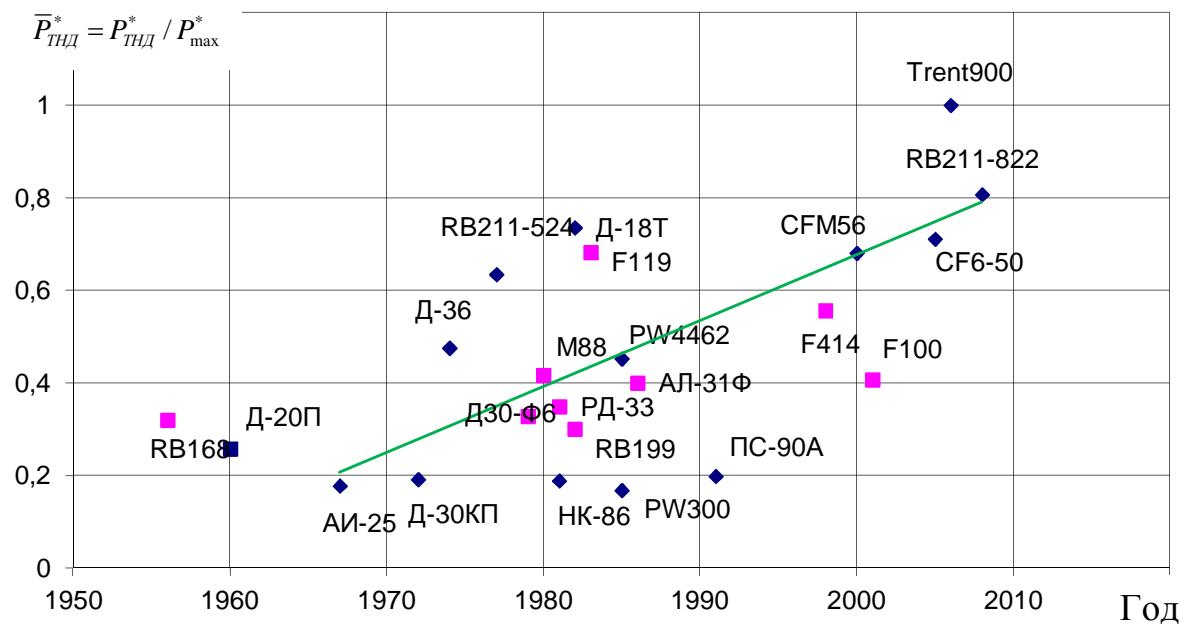


Рис. 13. Изменение давления за турбиной низкого давления в зависимости от года разработки

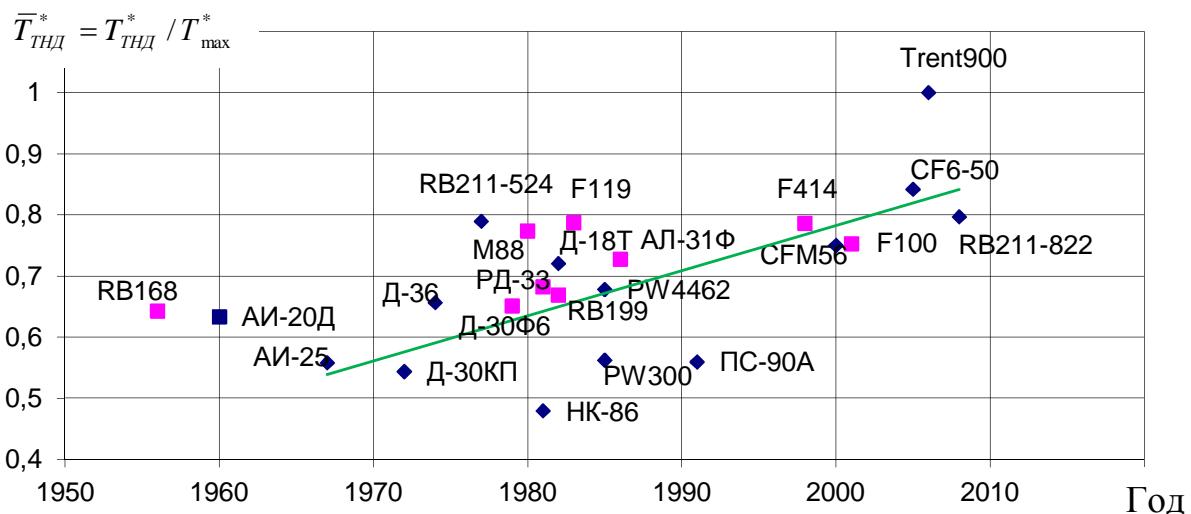


Рис. 14. Изменение температуры за турбиной низкого давления в зависимости от года разработки

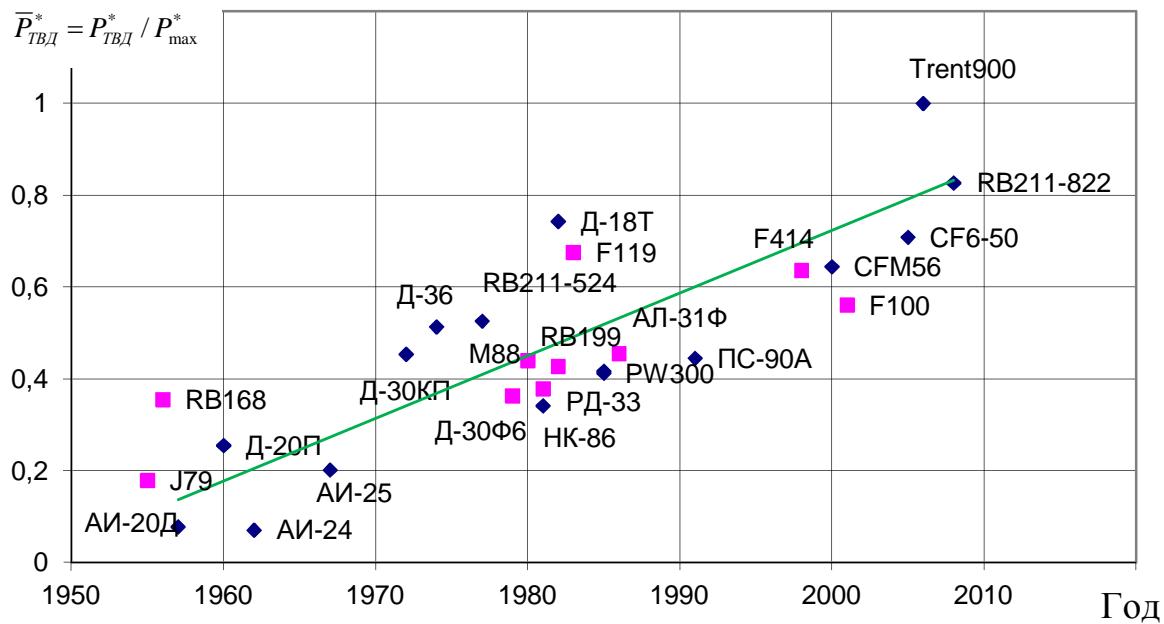


Рис. 15. Изменение давления за турбиной высокого давления в зависимости от года разработки

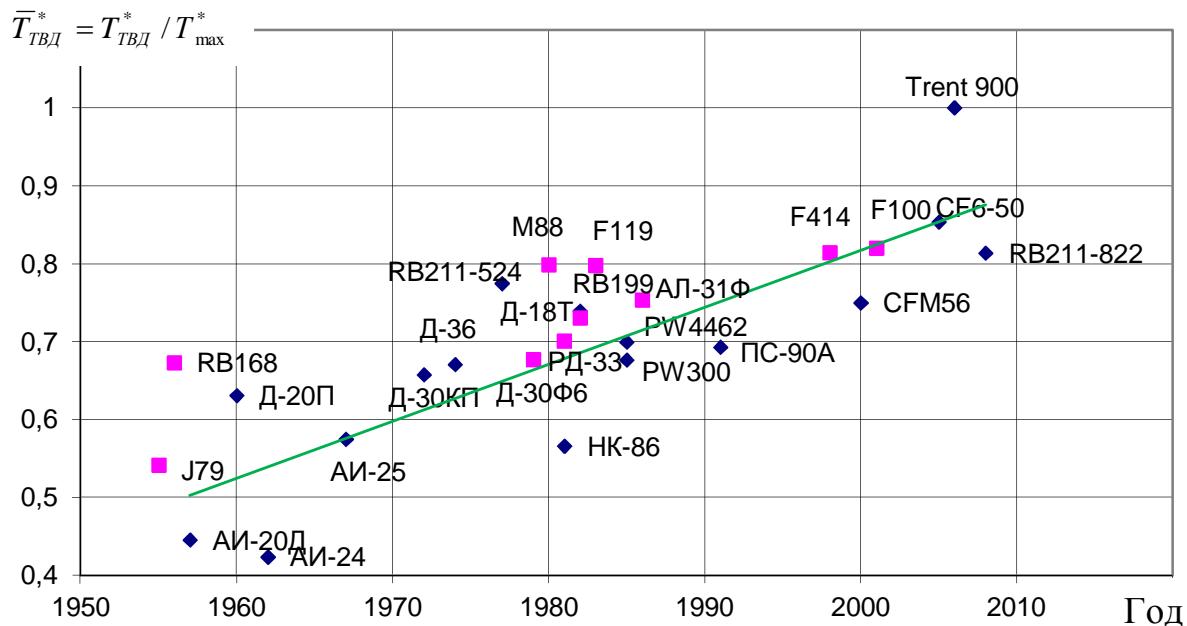


Рис. 16. Изменение температуры за турбиной высокого давления в зависимости от года разработки

По приведенным данным наглядно видно изменение параметров потока за основными узлами ГТД с развитием поколений. Совершенствование параметров добиваются путем улучшения газодинамических характеристик узлов (за счет совершенствования конструкции, повышения точности расчётов и т.д.), применением более продвинутых технологий изготовления узлов (повышения точности изготовления), а также использованием современных достижений в области материаловедения. Все основные параметры цикла (давление, температура и скорости в основных расчетных сечениях) растут с развитием поколений. Значения коэффициент избытка воздуха за камерой сгорания имеет тенденцию к уменьшению, стремится к стехиометрическому

значению (т.е. рабочее тело становится всё более агрессивным).

Проведенные газодинамические расчеты позволяют произвести оценку основных нагрузок, действующих на элементы ГТД (газовые, температурные и т.п.), что позволяет оценить прочностные характеристики основных узлов.

Полученные результаты позволяют оценить уровень параметров не только в основных сечениях двигателя, но и также оценить характер изменения параметров вдоль всего тракта. Например, в первом приближении можно принять, что давление в каскаде компрессора изменяется линейно от входа к выходу, также как и температура. Тогда, действующие нагрузки будут, соответственно, изменяться пропорционально. Исходя из этого, можно рекомендовать к применению материалы различных характеристик в зависимости от ступени. Анализируя температурное воздействие на элементы конструкции рекомендовать жаропрочные и жаростойкие сплавы. Также, по значениям температуры и состава рабочего тела в проточной части двигателя можно провести оценочное влияние газовой коррозии высокотемпературных элементов.

Выводы

Основываясь на математических моделях выбранных двигателей и проведенных газодинамических расчетах можно рекомендовать применение различных материалов в конструкции рассмотренных двигателей. А, прослеживая тенденцию в зависимости от года разработки, – предлагать рекомендации по применению материалов для узлов различных ГТД. Как правило, основной показатель выбора материалов – параметры потока, получаемые в ходе термогазодинамических расчетов.

Грамотный выбор материалов на первоначальных сроках проектирования значительно упрощает последующие стадии разработки изделия. С целью сокращения сроков проектирования удобно использовать экспертную систему по выбору материала, основанную на газодинамических расчетах в СИМ.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.В37.21.1848.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Обзор и анализ существующих баз данных и экспертных систем принятия решения по выбору материала основных элементов конструкции.** /Кишалов А.Е., Шабельник Ю.А., Рожков К.Е., Шамсутдинов А.А// Молодой ученый. — 2012. — №11. — С. 49-52.
- 2. Газотурбинные двигатели.** Иноземцев А.А., Сандрацкий В.Л./ Изд-во ОАО «Авиадвигатель», 2006 – 1024 стр.
- 3. Иностранные авиационные двигатели:** Справочник ЦИАМ/ Общая редакция В.А. Скибин, В.И. Солонин. – М.: Изд. дом «Авиамир», 2005. – стр. 592
- 4. Электронная энциклопедия «Силовые установки: Авиационные, ракетные, промышленные (1944-2000)»** 1998-2000. «АСК-Конверсалт». Рег. св-во №0329800088 от 02.07.98 г. (НТЦ «Информрегистр»)
- 5. Повышение эффективности процесса отладки форсажных режимов при испытаниях ТРДДФ:** дис. канд. техн. наук. / А.Е. Кишалов; науч.рук. Д.А. Ахмедзянов. – Уфа: УГАТУ, 2010 . – 234 с.

ОБ АВТОРАХ

Ахмедзянов Дмитрий Альбертович, проф. каф. авиац. двигателей, зам. декана ФАД УГАТУ, дипл. инж. по авиационным двигателям и энергетическим установкам (УГАТУ, 1997). Д-р техн. наук по тепловым, электроракетным двигателям и энергоустановкам ЛА (УГАТУ, 2007). Исследования в области рабочих процессов в авиационных ГТД на установившихся и неустановившихся режимах, разработки математических моделей сложных технических объектов, САПР авиационных ГТД

e-mail: ada@ugatu.ac.ru



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

e-mail: kishalov@ufanet.ru



Шабельник Юлия Андреевна, аспирант каф. авиац. двигателей УГАТУ, дипл. инж. по авиационным двигателям и энергетическим установкам (УГАТУ, 2010). Исследования в области процессов в турбинах авиационных ГТД с использованием имитационного и 3D-CAD/CAE моделирования

e-mail: cammmy@list.ru



Маркина Ксения Васильевна, аспирант каф. авиац. двигателей УГАТУ, м.н.с. НИЛ САПР-Д, дипл. инж. по авиационной и ракетно-космической теплотехнике (УГАТУ, 2012). Исследования в области процессов происходящих в проточной части авиационных ГТД с использованием 3D-CAD/CAE моделирования.

e-mail: markina_kseniya@mail.ru



Полежаев Никита Игоревич, студент каф. авиационной теплотехники и теплоэнергетики УГАТУ. Исследования в области численного математического моделирования рабочих процессов в элементах авиационных ГТД.

e-mail: nikita_redkey@mail.ru

ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ В ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ ДЛЯ ТРЕХМЕРНОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ANSYS MULTIPHYSICS И ANSYS CFX

Кудоярова В. М., Кишалов А. Е., Игнатьев О. И.

Введение

Часто на практике для многих технических устройств и процессов приходится решать разнообразные задачи, связанные с процессами теплообмена и теплопроводности. С целью экономии времени расчета, уменьшения затрат при разработке новых изделий, многие научные и инженерные работники используют современные программные CAD/CAE-пакеты, такие как ANSYS, ABAQUS, Nastran и т.п. В настоящее время наибольшую популярность у пользователей приобрел универсальный пакет конечно-элементного моделирования ANSYS, который представляет собой многомодульную систему, состоящую из различных программных комплексов, позволяющих решать как связанные сопряженные задачи, так и задачи узкой направленности. Моделировать тепловое состояние твёрдого тела в ANSYS можно при помощи различных модулей. В данной статье рассматривается моделирование теплового состояния твёрдых тел в универсальной среде ANSYS Multiphysics и газодинамическом модуле ANSYS CFX.

В качестве примера был выбран наиболее распространенный на практике случай стационарной теплопроводности внутри многослойной бесконечно-протяженной пластины с заданными граничными условиями первого рода на ограничивающих поверхностях.

При использовании сравниваемых пакетов численного анализа следует иметь в виду их особенности конечно-элементного моделирования:

- ANSYS Multiphysics имеет широкий набор типов конечных элементов для решения задач механики деформируемого твердого тела, оценки температурного состояния конструкции, выполнения гидрогазодинамических расчетов и электромагнитного анализа в любом диапазоне частот. Решение систем уравнений и передача информации между элементами происходит в узлах конечно-элементной сетки. Для решения объёмных задач используются объёмные элементы, составленные из нескольких плоских элементов.
- ANSYS CFX используются для решения задач газовой динамики, расчета многофазных потоков, теплообмена, процессов горения и анализа взаимодействия между вращающимися и статичными компонентами лопаточных машин. Решение системы уравнений происходит в центре каждого объема конечно-объемного элемента, обмен информацией с соседними элементами происходит в узлах сетки. Для решения плоских задач в ANSYS CFX приходится задавать некоторую конечную толщину модели (как правило, достаточно толщины в один слой сетки с соответствующими граничными условиями на этих поверхностях).

Постановка задачи

Стальная пластина толщиной $\delta = 3$ мм с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{ст} = 52,00 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ со стороны воды покрыта слоем накипи толщиной $\delta = 0,5$ мм и

коэффициентом теплопроводности $\lambda_{н} = 1,15 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, а со стороны воздуха - слоем ржавчины

толщиной $\delta = 0,5$ мм с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{рж} = 1,75 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$.

Температура со стороны кипящей воды $T_{f1} = 423,15K$, а со стороны воздуха

$T_{f2} = 293,15K$. Примем, что температуры на стенках будут равны соответствующим температурам потоков, т.е. $T_{w1} = T_{f1} = 423,15K$, $T_{w4} = T_{f2} = 293,15K$ (граничное условие I рода).

Схема расчётной области приведена на Рис. 1.

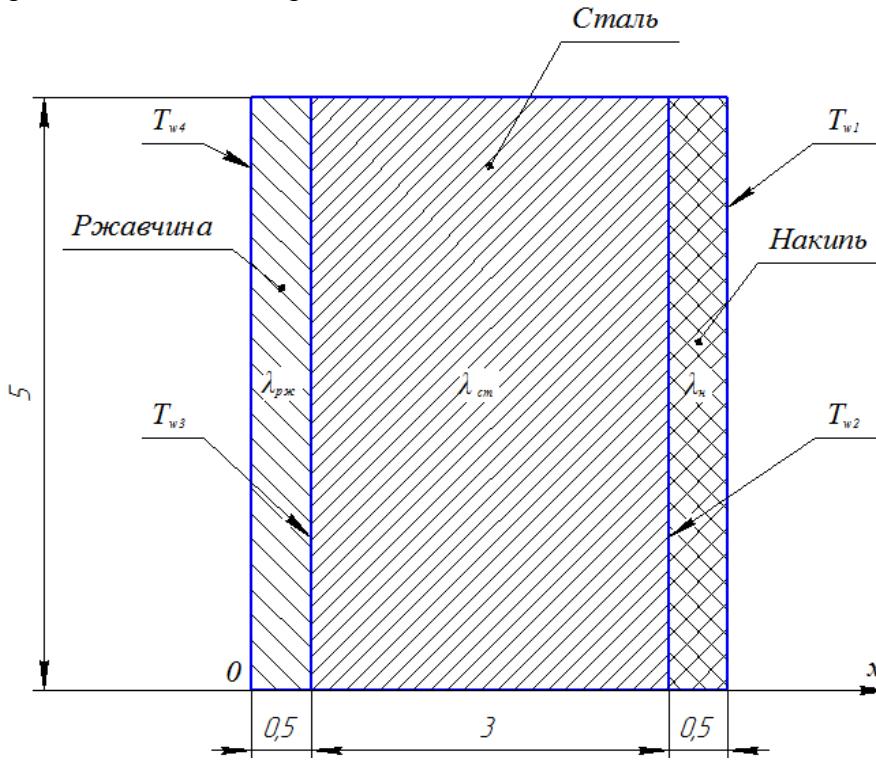


Рис. 1. Схема расчётной области

Моделирование в ANSYS Multiphysics

Для решения данной задачи выбирался 8-узловой элемент PLANE77, который позволяет получить температуру поверхности, её градиенты, величину плотности тепловых потоков и т.п. [1].

На следующем этапе создали геометрическую модель трехслойной пластины, согласно рис. 1. Каждый из слоев пластины моделировался отдельно, а затем, с целью осуществления возможности передачи теплоты от одного слоя к другому слою материала была выполнена операция «склеивания» слоев материалов по их контактным поверхностям.

Затем построили сеточную модель созданной геометрической области. Сетка создавалась упорядоченной с четырехугольными элементами размером 0,05 мм, количество элементов сетки получилось порядка 8000. После построения сеточной области в опциях сеточной модели назначались материалы трехслойной пластины и их свойства (рис. 1).

Далее были заданы граничные условия первого рода на ограничивающих стенках пластины (рис. 1), а на сторонах пластины, уходящих в бесконечность, задавались условия адиабатичности.

При запуске задачи на решение была установлена опция, согласно которой расчёт считали законченным при условии достижения параметров сходимости, по основным уравнениям, порядка 10^{-4} .

В результате проведенного расчета получили температурное поле внутри трехслойной пластины, результаты расчета которого представлены на рис. 2.

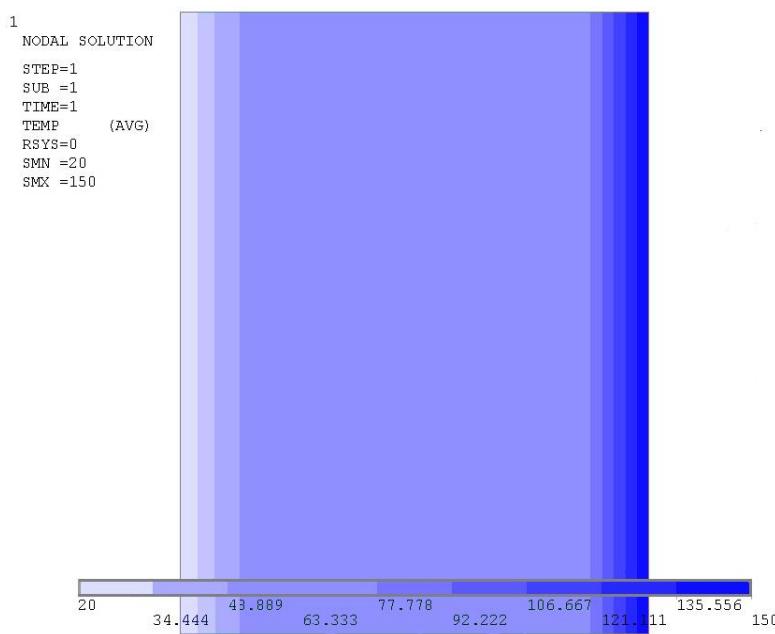


Рис. 2. Температурное поле внутри трехслойной пластины ($t=f(x)$, $^{\circ}\text{C}$), полученное в ANSYS Multiphysics

Моделирование в ANSYS CFX

Модульный пакет ANSYS CFX, в отличие от ANSYS Multiphysics, работает только с трехмерными моделями, поэтому многослойная пластина должна иметь некоторый объем. Принимаем толщину модели равной 0,5 мм. Другим отличием ANSYS CFX от ANSYS Multiphysics является необходимость создавать для каждого материала свою собственную геометрическую модель и свою собственную сетку [2, 3].

Процесс подготовки расчетной модели выполнялся в единой рабочей среде ANSYS Workbench. Геометрию каждого слоя многослойной пластины выполняли в графическом CAD-модуле Design Modeler, который интегрирован в ANSYS Workbench [4].

Для построения конечно-элементной сетки в ANSYS CFX был использован, встроенный в него, сеткопостроитель. На каждой трехмерной твердотельной модели, построена неструктурированная тетраэдрическая сетка со следующими параметрами: средний размер элемента. На каждой трехмерной твердотельной модели 10^{-4} м, общее количество элементов сетки – порядка 100 тысяч.

В препроцессоре CFX-Pre были заданы коэффициенты теплопроводности материалов каждого из слоев, а для передачи тепловой информации из одной конечно-элементной модели в другую использовали связь Interface между накипью и сталью, сталью и ржавчиной. На ограничивающих поверхностях пластины установили соответствующие граничные условия первого рода (температуры поверхностей).

При запуске задачи на решение в решателе CFX-Solver установили опцию, при которой расчёт считали законченным при условии достижения параметров сходимости, по основным уравнениям, порядка 10^{-4} , при этом дисбаланс основных уравнений не превышает 0,1 %.

В результате проведенного расчета получили температурное поле внутри трехслойной пластины рис. 3.

Получение точного решения стационарного температурного поля для бесконечно-протяженной многослойной пластины, при заданных граничных условиях первого рода, на ограничивающих поверхностях

Для оценки точности результатов моделирования проведём расчёт данного температурного поля при помощи известных закономерностей теории теплопроводности [5,6].

Режим стационарной теплопроводности наступает по истечении достаточно длительного времени от начала процесса теплопроводности, когда температурные изменения в теле во времени прекращаются, т.е. $\partial T / \partial \tau = 0$.

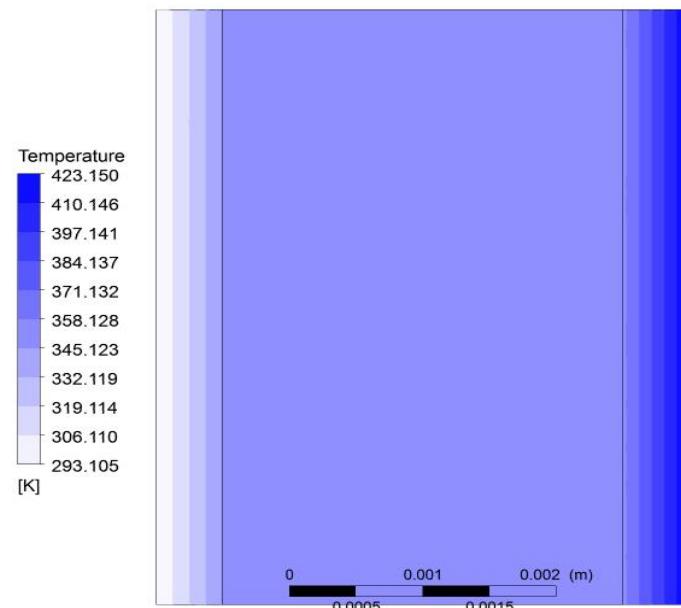


Рис. 3. Температурное поле внутри трехслойной пластины ($T=f(x)$, К), построенное в ANSYS CFX

В общем случае, стационарный тепловой поток $Q(x)$ через отстоящий на расстоянии x участок изотермической поверхности площадью $F(x)$ за единицу времени равен [5, 6]:

$$Q(x) = q(x)F(x) = -\lambda \frac{dT}{dx} F(x). \quad (1)$$

Тогда, разделяя переменные, имеем

$$dt = -\frac{Q(x)}{\lambda F(x)} \cdot dx. \quad (2)$$

Принимаем, что коэффициент теплопроводности не зависит от температуры, т.е. $\lambda = \text{const}$. Кроме того, в стационарном тепловом режиме всегда $Q(x) = \text{const}$, а в пластине и $F(x) = \text{const}$ в случае одномерного температурного поля.

Согласно условиям решаемой задачи нам заданы граничные условия первого рода на ограничивающих поверхностях трехслойной пластины, т.е. нам известны T_{w1} и T_{w4} соответственно.

Проинтегрируем обе части (2) при следующих условиях:

$$x = 0 \Rightarrow T = T_{w4},$$

$$x = \delta_{\Sigma} = \delta_{pжc} + \delta_{cm} + \delta_h \Rightarrow T = T_{w1}.$$

Тогда получим:

$$\int_{T_{w4}}^{T_{w1}} dT = -\frac{Q}{F} \left(\frac{1}{\lambda_{pжc}} \int_0^{\delta_{pжc}} dx + \frac{1}{\lambda_{cm}} \int_0^{\delta_{cm}} dx + \frac{1}{\lambda_h} \int_0^{\delta_h} dx \right)$$

И

$$T_{w1} - T_{w4} = - \frac{Q}{\sum_{i=1}^3 \frac{\delta_i}{\lambda_i F}} = - \frac{Q}{\frac{\delta_{pж}}{\lambda_{pж} F} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm} F} + \frac{\delta_h}{\lambda_h F}},$$

откуда следует формула для расчета плотности теплового потока q через трехслойную пластину

$$q = \frac{T_{w1} - T_{w4}}{\sum_{i=1}^3 \frac{\delta_i}{\lambda_i}} = \frac{T_{w1} - T_{w4}}{\frac{\delta_{pж}}{\lambda_{pж}} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{\delta_h}{\lambda_h}} = \frac{423,15 - 293,15}{\left(\frac{0,5}{1,15} + \frac{3}{52} + \frac{0,5}{1,75} \right) \cdot 10^{-3}} = 167054,49 \frac{Bm}{m^2}.$$

Физический принцип тепловой стационарности $q(x) = \text{const}$ позволяет найти и температуру в любом месте конструкции. Так, температура T_{w2} на стыке первого и второго слоев находится из формулы

$$T_{w2} = T_{w1} - q \frac{\delta_h}{\lambda_h} = 423,15 - 167054,4896 \cdot \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{1,15} = 350,52 K,$$

а температуру t_{w3} соответственно найдем из формулы:

$$T_{w3} = T_{w4} + q \cdot \frac{\delta_{pж}}{\lambda_{pж}} = 293,15 + 167054,4896 \cdot \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{1,75} = 340,88 K.$$

Тогда в общем случае расчетная формула для нахождения температуры в любом месте трехслойной пластины с координатой x может быть записана, например, так:

$$\begin{cases} \text{при } 0 \leq x \leq \delta_{pж} & T(x) = T_4 + q \cdot \frac{x}{\lambda_{pж}}; \\ \text{при } \delta_{pж} \leq x \leq \delta_{cm} & T(x) = T_{w4} + q \cdot \left(\frac{\delta_{pж}}{\lambda_{pж}} + \frac{x - \delta_{pж}}{\lambda_{cm}} \right); \\ \text{при } \delta_{cm} \leq x \leq \delta_h & T(x) = T_{w4} + q \cdot \left(\frac{\delta_{pж}}{\lambda_{pж}} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{x - \delta_{pж} - \delta_{cm}}{\lambda_h} \right). \end{cases} \quad (3)$$

Таблица 1
Относительная погрешность вычисления ANSYS Multiphysics и ANSYS CFX

x , мм	Точное значение $T_w(x)$, К, вычисленное по формуле (3)	ANSYS Multiphysics	Относительная погрешность вычисления в ANSYS Multiphysics, %	ANSYS CFX	Относительная погрешность вычисления в CFX, %
0	293,15	293,16	0,00003	293,12	0,01364
0,5	340,88	340,89	0,00003	345,63	1,39345
1	342,49	342,50	0,00003	347,16	1,36354
1,5	344,09	344,10	0,00003	348,63	1,31942
2	345,69	345,70	0,00003	349,84	1,20049
2,5	347,31	347,32	0,00003	351,28	1,13443
3	348,91	348,92	0,00003	352,67	1,07764
3,5	350,52	350,53	0,00003	354,04	1,00422
4	423,15	423,16	0,00002	423,11	0,00945

По результатам расчета поля температур по толщине многослойной бесконечной пластины при заданных граничных условиях первого рода в пакетах ANSYS Multiphysics, ANSYS CFX и по аналитической формуле (3) построен обобщенный график распределения температуры, см. рис. 4

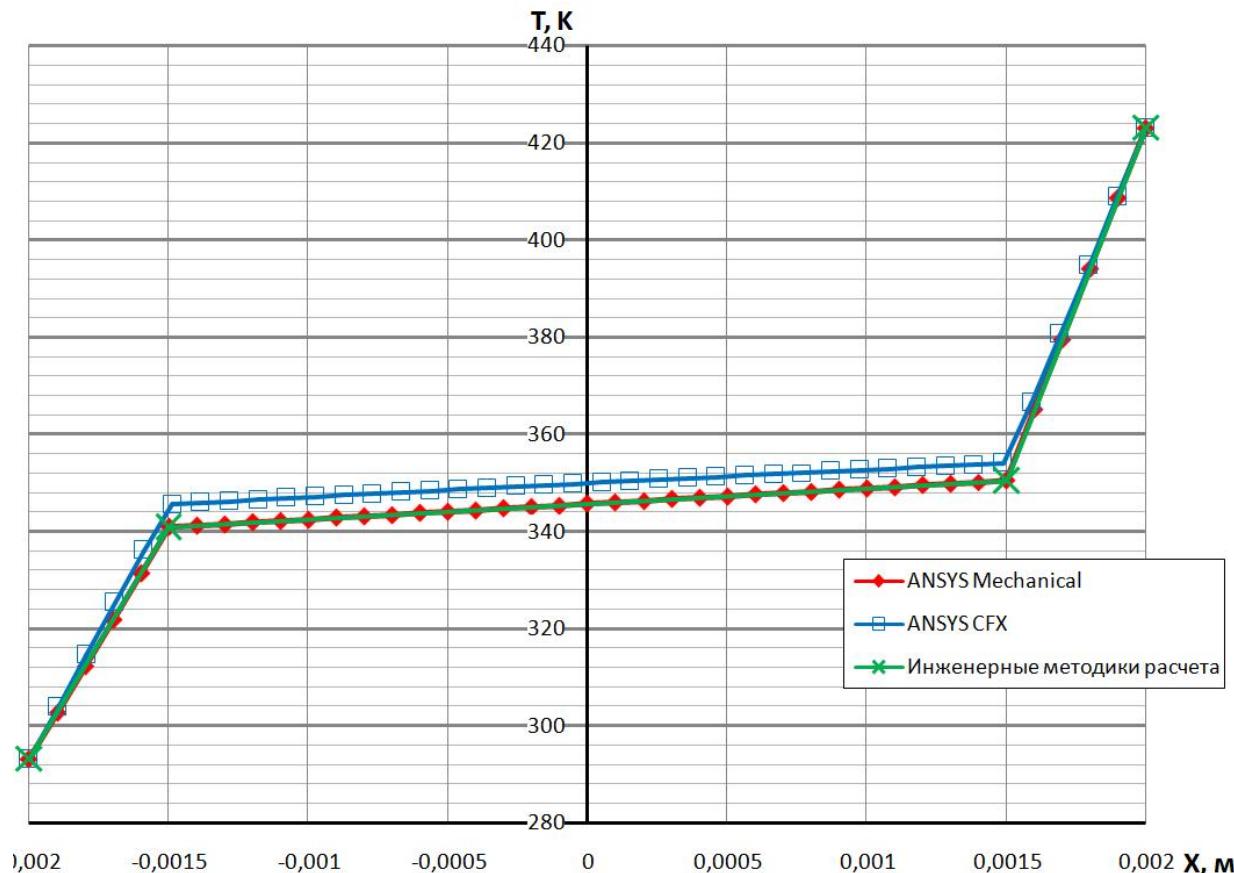


Рис. 4. Сравнение результатов расчета температурного поля в трехслойной пластине

Выводы

В данной статье рассмотрены различные подходы для решения задачи стационарной теплопроводности для многослойной бесконечной пластины с помощью пакетов ANSYS Multiphysics и ANSYS CFX. Сравнение результатов моделирования в программных комплексах ANSYS Multiphysics и ANSYS CFX с точными аналитическими решениями показывает их качественное и количественное соответствие. Относительная погрешность результатов расчета у ANSYS Multiphysics составляет 0,00003%, а ANSYS CFX – не превышает 1,4% (таблица 1).

Для инженерных расчетов величина относительной погрешности менее 2% считается допустимой, поэтому для решения задач теплопроводности можно использовать оба пакета ANSYS Multiphysics и ANSYS CFX.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Решение задач стационарной теплопроводности в программе конечно-элементного анализа ANSYS: Методические указания к лабораторной работе по дисциплинам «Прикладные задачи теплообмена» и «Компьютерные технологии в науке и производстве (теплоэнергетике)» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост. В.М. Кудоярова. – Уфа, 2011. – 23 с.

2. Термогазодинамическое моделирование авиационных двигателей и их элементов: Лабораторный практикум по дисциплине «Математическое моделирование авиационных двигателей и энергетических установок» (эл. изд.) / Уфимск. гос. авиац.

техн. ун-т.; Сост.: Д.А. Ахмедзянов, А.Е. Кишалов. – Уфа, 2012. – 90 с.

3. Газодинамическое моделирование в программном комплексе ANSYS CFX и ANSYS Workbench: Методические указания к лабораторной работе по дисциплинам «Математические модели рабочих процессов авиационных двигателей и энергоустановок» и «САПР АД и ЭУ» / Уфимск. авиац. техн. ун-т.; Сост.: Д.А. Ахмедзянов, А.Е. Кишалов. – Уфа, 2008. - 45 с.

4. Ахмедзянов, Д.А.; Кишалов, А.Е. Верификация расчёта процесса теплообмена в программном комплексе ANSYS CFX / Вестник УГАТУ, Уфа, 2009. Т.13, №2 (35). – С. 226-233.

5. Цирельман, Н. М. Теория и прикладные задачи тепломассопереноса М.: Машиностроение, 2011 .— 510 с.

6. Мухачёв, Г.А., Щукин, В.К. Термодинамика и теплопередача. / Уч. Для ВУЗов. – М.: Высшая школа, 1992. – 479 с.

ОБ АВТОРАХ



Кудоярова Вилина Маратовна, доц. каф. авиационной теплотехники и теплоэнергетики УГАТУ, дипл. инженер по авиационной и ракетно-космической теплотехнике, (УГАТУ, 2001). Канд. техн. наук по матем. моделированию, числ. методам и комплексам программ (УГАТУ, 2005). Иссл. в обл. полимерных композиц. материалов.
e-mail: ya_vilina@mail.ru



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

e-mail: kishalov@ufanet.ru



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

e-mail: oleg.defg@yandex.ru

УДК 62.408.2

ПОКРЫТИЯ И МЕТОДЫ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ГТД

Дударева Н. Ю., Кишалов А. Е.

Введение

Наиболее значимой задачей современного авиа двигателестроения является обеспечение надежной и долговечной работы газотурбинного двигателя (ГТД). Разрабатываемые газотурбинные двигатели пятого и шестого поколений требуют

улучшения удельных показателей при одновременном повышении надежности и ресурса. Высокая надежность, необходимые эксплуатационные параметры и широкий диапазон рабочих режимов – это те базовые показатели, которые в настоящее время определяют конкурентоспособность вновь разрабатываемых ГТД и газотурбинных установок на их основе.

Решить задачу повышения надежности ГТД непросто, так как детали двигателя работают в сложных условиях. Перспективные разработки по развитию ГТД непосредственно связаны с повышением скорости и температуры газов перед турбиной [1]. Современные газотурбинные двигатели в составе ГТУ имеют КПД 40-45 %, этот показатель достигается благодаря большой степени повышения давления в компрессоре и высокими температурами газа перед турбиной (до 1260 °C). В целом за последние 50 лет температура газа перед турбиной повысилась в среднем с 900 К до 1800 К. В итоге при эксплуатации ГТД возникает ряд проблем [2]:

- отмечается короткий срок службы форсунок и лопаток (в среднем 15 тыс. часов);
- помпаж в компрессоре, возникающий при высокой степени сжатия из-за возникновения отложений на рабочих лопатках;
- наблюдается чрезмерный износ торцов рабочих лопаток компрессора из-за малых радиальных зазоров между корпусом и лопатками;
- повышение рабочих температур перед газовой турбиной приводит к появлению характерных дефектов на кромках и в основании направляющих лопаток.

При использовании ГТД пристальное внимание уделяется рабочему ресурсу. За последние десять лет в результате развития энергетических ГТД на базе авиадвигателей удалось значительно улучшить их характеристики по всем эксплуатационным параметрам. При этом повышение температуры газа перед направляющими лопатками турбины требует совершенствования схемы их охлаждения и увеличения жаропрочности применяемых сплавов. Значительный прогресс при разработке перспективных ГТД в настоящее время достигнут за счет использования новых жаропрочных материалов и покрытий, а так же способов охлаждения горячих частей двигателей.

В режиме нормальной эксплуатации двигателя материал должен сохранять свою структуру, которая была сформирована в процессе изготовления детали и при термической обработке. По этой причине в режиме эксплуатации максимально допустимая температура нагрева элементов конструкции ГТД должна быть ниже температуры, характерной для устойчивого структурного состояния сплава. Общепризнано, что применяемые в ГТД современные жаропрочные материалы на основе никеля (до 70 % массы) практически исчерпали свои возможности по жаростойкости. Так, предельные температуры применения их на воздухе не превышают 1100 °C, а в условиях воздействия сульфидно-оксидной коррозии – 790 °C. Поэтому в настоящее время около 75 % деталей авиационных двигателей имеет металлические или керамические покрытия для защиты от коррозии, износа и высокотемпературного окисления [3].

Наиболее показательной деталью ГТД являются лопатки компрессоров и турбин. От надежности лопаток двигателя в наибольшей степени зависит ресурс газотурбинных двигателей в целом, и, соответственно, безопасность полетов и надежность газотурбинных установок. Кроме высоких температур, лопатки подвергаются действию набегающего потока газов; коррозии, вследствие контакта с отработавшими газами; а также испытывают большие центробежные нагрузки [1]. Проблему надежности газовых турбин авиадвигателей можно решить только путем разработки и внедрения качественно новых технологий, как в области материалов, так и в области методов обработки и создания защитных покрытий.

В данной работе приведен обзор методов упрочнения деталей ГТД и проведена оценка возможности использования в ГТД для повышения надежности и жаропрочности его деталей таких способов модификации поверхностей как микродуговое оксидирование (МДО) и искровое упрочнение (ИУ).

1. Покрытия для лопаток ГТД

Обычно выбор того или иного покрытия для лопаток ГТД обусловлен целым комплексом факторов, которые необходимо учесть: рабочей температурой лопатки; составом агрессивной газовой среды; напряженным состоянием лопатки; материалом лопатки; специфическими требованиями к покрытию [5].

На лопатках ГТД традиционно применяют покрытия, которые наносят либо диффузионным методом, либо методом конденсации.

Диффузионные покрытия.

Наиболее широко распространенными диффузионными методами являются покрытия, формируемые контактными или бесконтактными способами в порошковых смесях или в газовой среде: алитирование, хромирование, кобальтирование, хромоалитирование и др. [5]. Такого рода покрытия чаще всего наносятся постадийно - послойно. Например, на первой стадии путем диффузионного насыщения в порошке специального состава (27 % Ni, 7 % Cr, 3 % лигатуры, 1 % NCCl и остальное - глинозем) на поверхность лопатки наносится покрытие из никрома. После выдержки в течение 4-6 часов и термической обработки на поверхности формируется слой покрытия толщиной до 20 мкм. Второй стадией является хромоалитирование в порошке специального состава (4 % Al, 40 % Cr, 6 % лигатуры, остальное – глинозем) с последующей термообработкой. В итоге формируется комплексное покрытие, состоящее из смеси фаз NiAl (60-70 %) и Ni₃Al (30-40 %). Такое покрытие характеризуется высокой прочностью, термостойкостью, и обеспечивает долговечность лопаток в течение 1500 ч [5].

Конденсационные покрытия.

К конденсационным методам, используемым для лопаток ГТД, относятся способы плазменного, вакуумно-плазменного, магнетронного и электронно-лучевого напыления. Напыляемые материалы могут быть разнообразны: Ni-Cr-Al-Y, Al-Si-Y, Ni-Cr-Al-Ta-W-Hf-Y и др. Довольно часто термобарьерные и жаростойкие покрытия лопаток ГТД наносят методами сверхзвукового и плазменного напыления, также довольно активно используется ионная имплантация. Современная тенденция также заключается в создании многослойных покрытий, которые обеспечивают защиту лопаток от высоких температур и окисления. Возможности существующего оборудования и технологий позволяют обеспечить их высокое качество.

Например, известно, разработанное в Уфимском государственном авиационном техническом университете наноструктурное многослойное покрытие из TiN [4]. Такое вакуумно-плазменное покрытие формируют с помощью электродуговых испарителей со сменными катодами из титанового сплава BT-1-0 (Ti) и многокомпонентного сплава TiAlZrMoV (η Ti). Его наносят на лопатки компрессора, которые также выполнены из титановых сплавов с ультрамелкозернистой структурой. Это покрытие обладает повышенной микротвердостью (HV 445 ед.), и, соответственно, высокой износостойкостью.

В общем случае напыляемые материалы представляют собой сплавы системы *Me-Cr-Al* [5]. В таких сплавах всегда содержится алюминий, он предназначен в основном для образования на поверхности защитной оксидной пленки, состоящей из корунда (α -Al₂O₃), который является широко распространенной керамикой, отличается высокой износостойкостью, жаро- и коррозионной стойкостью. Обычно в диффузионных покрытиях содержится 15-25 % Al, именно такой состав гарантирует формирование пленки α -Al₂O₃ на лопатках изготовленных из никелевого сплава. Толщина таких покрытий достигает 40-60 мкм. Вторым по важности элементом таких покрытий является хром, который функционально способствует образованию α -Al₂O₃, а также образует

соединение с высокими защитными свойствами – $Ni(Cr,Al)_2O_4$ (шпинель). Такие покрытия позволяют до 4 раз повышать ресурс двигателя [5].

Во Всероссийском Институте Авиационных Материалов (ФГУП «ВИАМ») были разработаны специальные составы для напыления покрытий, которые способны эффективно защищать лопатки ГТД от высокотемпературной и газовой коррозии, способствующие снижению термической усталости и повышению ресурса двигателя. [6].

Конденсационно-диффузионные покрытия.

Во ФГУП «ВИАМ» впервые в мировой практике были разработаны комбинированные конденсационно-диффузионные покрытия, состоящие из систем $(Me-Cr-Al-Y)+(Me-Al-Cr-Y)$, а также применен принцип конструирования покрытий, когда тип покрытия на различных участках поверхности лопаток различен и зависит от локальных температур и напряжений [6]. Такие покрытия позволили значительно увеличить ресурс лопаток ГТД, работающих при экстремально высоких температурах [7].

Для конденсационно-диффузионных покрытий используются такие сплавы как [7]:

- 1) СДП2+ВСДП-16ВП ($[Ni-(18-22)Cr-(11,5-13,5)Al-(0,1-0,6)Y]+(Al-Ni-Y)$);
- 2) ВСДП-8(ВП)+ВСДП-18ВП;
- 3) ВСДП-9(ВП)+ВСДП-18ВП.

В целом при всем комплексе наблюдаемых достоинств у вышеперечисленных покрытий существует ряд недостатков: сложность химического состава; высокая трудоемкость; высокая стоимость. Конденсационным покрытиям присущи такие недостатки как пористость, неравномерность толщины, невозможность покрытия внутренних полостей.

Далее будет рассказано о покрытиях: микродуговом оксидировании и искровом упрочнении. Возможно, что эти методы в будущем могут стать альтернативой вышеперечисленным диффузионным и конденсационным методам создания износостойких и жаростойких покрытий для лопаток ГТД.

2. Микродуговое оксидирование и искровое упрочнение

Микродуговое оксидирование (МДО) и искровое упрочнение (ИУ) не являются покрытиями в общепринятом понимании. По своей сути оба этих метода модифицируют поверхность заготовки, изменяя ее химический состав, физико-механические свойства и рельеф.

Микродуговое оксидирование. Эта технология представляет собой сравнительно новый вид поверхностной обработки и упрочнения, который используется главным образом для металлических материалов. Основа метода МДО берет свое начало от традиционного анодирования, по этой причине МДО соответственно относится к электрохимическим процессам. Микродуговое оксидирование позволяет получать многофункциональные керамикоподобные покрытия с широким комплексом свойств, в том числе износостойкие, коррозионностойкие, теплостойкие, электроизоляционные и декоративные. Технология МДО сравнительно хорошо отработана для группы вентильных металлов и их сплавов: титана, магния, tantalа, ниobia, циркония, бериллия, но, прежде всего, для алюминия [8].

Физическая сущность процесса заключается в том, что под действием дуговых и искровых разрядов возникающих на поверхности заготовки происходит расплавление материала подложки и его взаимодействие с молекулами и атомами газовой среды и электролита, в результате чего происходит формированиеnanoструктурного покрытия или модифицированного поверхностного слоя. В силу своего химического состава покрытие характеризуется высокими механическими свойствами, теплостойкостью, износостойкостью и коррозионной стойкостью.

При микродуговом оксидировании формируется упрочненный слой толщиной до 400 мкм, которая напрямую зависит от продолжительности обработки; микротвердость этого слоя может достигать 22 ГПа и зависит от продолжительности обработки и технологии получения: состава электролита и электрических режимов. По своей структуре МДО-слой представляет собой кристаллы $\alpha\text{-}Al_2O_3$, которые формируются в форме клубков, пучков и в виде мелкокристаллической матрицы. Важным свойством является хорошее сцепление МДО-слоя с подложкой.

Особенности технологического процесса МДО таковы, что состав и структура получаемых оксидных слоев существенно отличаются, а свойства значительно выше в сравнении с обычными анодными пленками. Другими положительными отличительными чертами процесса МДО являются его экологичность, относительная универсальность, а также отсутствие необходимости тщательной предварительной подготовки обрабатываемой поверхности в начале технологической цепочки.

Технологические основы МДО хорошо отработаны в основном для деталей из алюминиевых сплавов [8]. Также проводились работы направленные на получение МДО-слоев на лопатках ГТД из композиционных материалов системы Mg-B (рис. 1). На рис. 2 изображен элемент лопатки с МДО-слоем [9].



Рис. 1. Процесс МДО на лопатке ГТД



Рис. 2. Образец лопатки ГТД с МДО-слоем

Производным от метода МДО явился метод искрового упрочнения, возможности и суть которого на настоящий момент активно изучаются.

Искровое упрочнение. В настоящее время на кафедре двигателей внутреннего сгорания УГАТУ ведутся работы по изучению возможностей метода модификации поверхности – искрового упрочнения [10], который показал положительные результаты по повышению износостойкости поверхностей деталей из алюминиевых сплавов.

В отличие от МДО процесс ИУ обработка протекает в газовой среде, содержащей внедряемый элемент, посредством электрического искрового разряда, при этом обрабатываемая деталь является одним из электродов. В результате на поверхности образуется высокотвердый износостойкий слой толщиной до 300 мкм и микротвердостью 22 ГПа и более. Поверхность, формируемая при ИУ, по своему химическому составу зависит от газовой среды, в которой происходит процесс и от химического состава материала подложки. При формировании в кислородной среде на алюминиевом сплаве высокой чистоты ИУ-слой также состоит из $\alpha\text{-}Al_2O_3$ [11].

Обе технологии, МДО и ИУ, позволяют получать на поверхности высокотвердые, износостойкие слои, с высокой адгезией к подложке, отличающиеся высокой

теплостойкостью, коррозионной стойкостью и небольшой теплопроводностью. Основным составляющим компонентом ИУ-слоев является корунд ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$), который и обеспечивает высокую износстойкость, коррозионностойкость и жаропрочность слоя. Потенциально обе эти технологии, и МДО, и ИУ, могут использоваться для формирования высокопрочных износостойких поверхностных слоев, которые могут выступать в качестве термического барьера, с высокой коррозионной стойкостью на поверхности лопаток ГТД.

7. Выводы

В результате проведенного анализа возможностей методов поверхностного упрочнения используемых для повышения износстойкости, коррозионной и жаростойкости лопаток ГТД, можно сделать следующие выводы:

6. Большинство методов, применяемых для повышения надежности лопаток ГТД являются покрытиями, что обуславливает ряд недостатков: сложность химического состава; высокую трудоемкость процесса нанесения, связанную с подготовкой поверхности и организацией процесса; высокую стоимость; пористость слоя.

7. Методы модификации поверхностей практически не используются для упрочнения лопаток ГТД.

8. Исходя из состава и свойств модифицированных поверхностных слоев получаемых методами МДО и ИУ, можно предположить возможность использования этих методов для создания защитных поверхностных слоев на поверхности лопаток ГТД.

Список использованной литературы:

1. Проектирование авиационных газотурбинных двигателей / Под ред. А. М. Ахмедзянова. – Уфа.:УГАТУ, 2000. – 454 с.
2. **В.М. Ковецкий, Ю.Ю. Ковецкая** Газотурбинные двигатели в энергетике: достижения, особенности, возможности // Проблеми загальної енергетики, № 17, 2008 www.ienergy.kiev.ua, С. 24-30.
3. **Абосделл Алажале Мох. Мосбах.** Разработка высокоресурсных плазменных теплозащитных покрытий на основе оксида циркония для камер сгорания ГТД : диссертация ... кандидата технических наук : 05.07.05, 05.02.01.- Казань, 2007.- 151 с.: ил. РГБ ОД, 61 07-5/1721.
4. **Р. Р. Валиев, Ю. М. Дыбленко, А.В. Ганеев, В. С. Жернаков** Микроструктура и поведение покрытий из TiN на лопатках ГТД, изготовленных из титанового УМЗ сплава ВТ-6 // Вестник УГАТУ, Т.15, № 4 (44). С. 63-66.
5. **В.А. Поклад, Ю.П. Шкредов, Н.В. Абраимов** Покрытия для защиты от высокотемпературной газовой коррозии лопаток ротора турбины ГТД // Авиадвигатель, №4 (70), 2010, С. 4-8.
6. **Е. Н. Каблов, С.А. Мубояджян** Жаростойкие и теплозащитные покрытия для лопаток турбины высокого давления перспективных ГТД. ВИАМ 2012/206070, Научно-технический сборник «80 лет. Авиационные материалы и технологии» [Электронный документ] . – <http://viam.ru/public/material/2012/2012-206070.pdf>
7. **Е.Н. Каблов** Литые лопатки газотурбинных двигателей (сплавы, технологии, покрытия). М.: «МИСИС», 2001. – 632 с.
8. Эпельфельд А. Применение технологии микродугового оксидирования для формирования защитных покрытий [Электронный ресурс] / А. Эпельфельд – Электрон дан. – Режим доступа: http://tompve.ru/science/techn_mash.htm - Загл. с экрана.
9. Н.Ю. Дударева Поверхностное модифицирование лопаток ГТД из композиционных материалов на основе Mg-B методом микродугового оксидирования// Вестник УГАТУ, 2010, Т. 14, № 4 (39), С. 69-72.

10. [Пат. 2176682 Российской Федерации, МПК C23C14/40, B23H1/02, B23H9/00](#). Способ упрочнения поверхностей деталей / Б.П. Рудой, Н.Ю. Дударева, Р.А. Гуняков . - № 99110333/02, заявл. 17.05.1999, опубл. 10.12.2001.

11. Н.Ю. Дударева Моделирование процесса формирования упрочненного слоя при микродуговом оксидировании алюминиевых образцов // Известие высших учебных заведений. Авиационная техника. 2008, № 3. С. 63-65.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.В37.21.1848

ОБ АВТОРАХ



Дударева Наталья Юрьевна, доц. каф. ДВС. Дипл. инж. по технол. машиностр. (УГАТУ, 1994). Канд. техн. наук по тепл. двигателям (там же, 1999). Иссл. в обл. износостойких покрытий деталей двигателей

e-mail: natalia_jd@mail.ru



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

e-mail: kishalov@ufanet.ru

УДК 621:519.8

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЛИЯНИЯ ДИРЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА КАЧЕСТВО И ТЕХНИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ НОВОЙ ТЕХНИКИ

Поезжалова С. Н.

Для выбора наиболее эффективного варианта изготовления изделий [3, с. 2, 7, с. 11] вне зависимости от того, по каким элементам затрат различаются сопоставляемые варианты, в инновационных проектах требуется определять возможные риски от внедрения новых технологий.

В абсолютном выражении риск может определяться величиной возможных потерь в материально-вещественном (физическом) или стоимостном (денежном) измерении (в рублях), если только ущерб поддается такому измерению [8, с. 13, 9, с. 32].

В относительном выражении риск может быть определен как величина возможных потерь, отнесенная к некоторой базе, в качестве которой выступает либо имущественное состояние предприятия, либо общие затраты ресурсов на данный вид деятельности, либо ожидаемый доход (прибыль) от производства.

В статистической теории принятия решений [5, с. 3], функция риска (1) оценки $\delta(x)$ для параметра θ , вычисленная при некоторых наблюдаемых значениях x , определяется как математическое ожидание функции потерь L .

$$R(\theta) = \int L(\theta, \delta(x)) \times f(x | \theta) dx, \quad (1)$$

где $\delta(x)$ - оценка,

θ - параметр оценки.

Технический риск – это комплексный показатель надежности элементов техносферы [2, с. 26, 5, с. 4]. Технический риск (2) выражает вероятность отказа (аварии или катастрофы, брака) с определенной тяжестью ущерба при эксплуатации машин, механизмов, реализации технологических процессов:

$$R = P \times L, \quad (2)$$

где R – риск;

P – вероятность одного нежелательного события;

L – количество потерянных денег или жертв в результате одного нежелательного события.

Расчет можно представить и в другой форме (3):

$$R_T = \frac{\Delta T(t)}{T(f)}, \quad (3)$$

где R_T – технический риск;

ΔT – число аварий в единицу времени t на идентичных технических системах и объектах;

T – число идентичных технических систем и объектов, подверженных общему фактору риска f .

В табл. 1 приведены статистические данные по рискам, связанные с браком по изготовлению деталей камер сгорания «Стойка» (рис. 1), где имеются источники технического риска (ошибки персонала, опытное производство новой техники), продемонстрированные в общей методике оценке технического риска производственной деятельности (табл. 2) и подходящие для рассматриваемого случая применительно к авиадвигателестроительному производству при разработке ГТД.

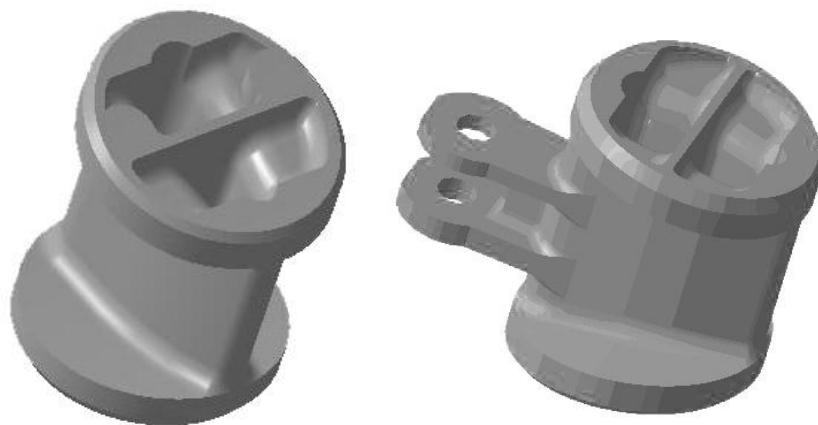


Рис. 1. Детали камеры сгорания «Стойки»

Таблица 1
Статистические данные брака, связанного с механической обработкой
при обработке деталей камеры сгорания

Год	№ детали	Колич. брак. деталей	Всего в партии	Причина брака	Сумма ущерба, руб	Брак, %
2007	104.03.01.021	1	8	сбой станка ТРК-180	283821	12,5
2007	104.03.01.041	1	8	сбой станка РВ-1482	326877	12,5
2007	104.03.01.042	1	10	ошибка исполнителя	15349	10,0
2007	104.03.01.044	2	10	ошибка исполнителя	6885	20,0
2007	104.03.01.041	1	11	сбой станка	71621	9,1
2007	117.03.01.121	2	8	ошибка исполнителя	18720	25,0
2007	104.03.01.030	2	9	ошибка исполнителя	135537	22,2
2007	104.03.01.031	4	12	ошибка исполнителя	247117	33,3
2007	104.03.01.040.2	1	10	ошибка исполнителя	32674	10,0
2007	104.03.01.021	1	8	сбой станка ФС-919	143567	12,5
2007	104.03.01.030	1	10	ошибка исполнителя	82716	10,0
2007	117.03.01.072.1	1	10	ошибка исполнителя	58770	10,0
2007	104.03.01.041	1	8	электроэнергетический сбой	55989	12,5
2007	99.03.81.030	1	10	ошибка исполнителя	218331	10,0
2007	99.03.81.042	7	15	ошибка исполнителя	16214	46,7
2007	99.03.81.042	3	10	ошибка исполнителя	6949	30,0
2007	104.03.01.041	2	10	сбой станка	96315	20,0
2007	99.03.01.211	1	9	ошибка исполнителя	66209	11,1
2007	99.03.01.211	1	8	сбой станка	132419	12,5
2007	99.03.01.214	1	10	сбой станка	131259	10,0
				отключение электропитания		
2007	99.03.01.214	1	8	электропитания	131259	12,5
				отключение		
2008	99.03.01.214	1	10	электропитания	130607	10,0
2008	104.03.01.021.1	1	9	сбой станка	138660	11,1
				отключение		
2008	104.03.01.021	1	10	электропитания	89715	10,0
				отключение		
2008	104.03.01.041	1	10	электропитания	52293	10,0
2008	104.03.01.021	7	10	ошибка исполнителя	140461	70,0
				отключение		
2008	104.03.01.052	4	15	электропитания	7325	26,7
2008	104.03.01.044	5	15	сбой станка	7009	33,3
2008	99.03.81.030	5	15	сбой станка	189750	33,3
2008	99.03.01.211	1	8	сбой станка	138520	12,5
2008	99.03.81.032	5	9	ошибка исполнителя	7765	55,6
2008	99.03.01.242	1	9	ошибка исполнителя	2524	11,1
2008	99.03.01.239	3	10	ошибка исполнителя	12664	30,0
2008	104.03.01.046	7	12	ошибка исполнителя	47499	58,3
2008	104.03.01.042	3	8	сбой станка ТР-180	17756	37,5
2008	104.03.01.049	2	8	ошибка исполнителя	4091	25,0
2008	99.03.01.211.1	1	8	сбой станка ТР-180	145190	12,5
2008	104.03.01.040.1	1	8	ошибка исполнителя	47627	12,5

Продолжение таблицы 1

Год	№ детали	Колич. брак. деталей	Всего в партии	Причина брака	Сумма ущерба, руб	Брак, %
2008	104.03.01.021	1	8	отключение электропитания	152055	12,5
2008	104.03.01.021	1	8	сбой станка	151410	12,5
2008	99.03.01.233	1	8	ошибка исполнителя, ст. ТВ	12819	12,5
2008	99.03.81.043	1	8	сбой станка	7877	12,5
2009	99.03.81.042	4	12	сбой станка	6200	33,3
2009	99.03.81.041	2	9	ошибка исполнителя	15122	22,2
2009	104.03.01.046	2	9	ошибка исполнителя	15681	22,2
2009	104.03.01.044	1	9	ошибка исполнителя	1628	11,1
				отключение электропитания		
2009	104.03.01.042	2	9	электропитания	14447	22,2
2009	99.03.01.231	1	10	сбой станка ТР-176	53480	10,0
2009	99.03.01.231	1	10	ошибка исполнителя	54542	10,0
2009	99.03.01.211	1	10	сбой станка	133633	10,0
2009	99.03.01.211	1	10	ошибка исполнителя	137108	10,0
2009	104.03.01.041	1	10	сбой станка	64735	10,0
2009	104.03.01.041	1	8	сбой станка ТРК-176	64102	12,5
2009	99.03.01.211.1	1	8	ошибка исполнителя	85237	12,5
2009	99.03.01.231	2	10	ошибка исполнителя	179513	20,0
2009	104.03.01.041	1	8	ошибка исполнителя	95159	12,5
2009	104.03.01.047	1	8	ошибка исполнителя	27217	12,5
2009	99.03.01.093	1	8	ошибка исполнителя	90226	12,5
				сбой станка ФС-787, отключение питания		
2009	104.03.01.021	1	8	отключение питания	289503	12,5
2009	104.03.01.021	1	9	сбой станка ТРК-180	283821	11,1
2009	104.03.01.041	1	9	сбой станка ТРК-176	117399	11,1
2009	117.03.01.090	1	8	ошибка исполнителя	111339	12,5
2009	117.03.01.071	1	8	ошибка исполнителя	92764	12,5
2009	104.03.01.042	1	8	ошибка исполнителя	15349	12,5

Для статистической оценки названных рисков [4, с. 42] принято определять закономерности распределения анализируемых величин. На этой основе по статистическим данным можно построить графики закономерностей распределений по Гауссу, Пуассону и биноминальному закону [1, с. 28].

На рис. 2 приведен график плотности распределения статистических данных по нормальному закону (Гаусса), а ниже фрагмент кода, реализуемый в системе *MATLAB* [1, с. 3] для построения данного распределения.

$x = 9:1.5:100;$ – интервал значений статистических данных по браку (табл. 1),

$a = \text{mean}(x);$ – оценка параметра математического ожидания,

$b = \text{std}(x);$ – стандартное отклонение элементов массива (среднеквадратическое отклонение),

$y = \text{normpdf}(x, a, b);$ – значение плотности распределения вероятностей нормального закона (Гаусса),

$\text{plot}(x, y, 'k-')$ – график плотности распределения по нормальному закону.

Аналогичным образом можно построить графики плотностей распределения по законам Пуассона или биноминальному закону.

В трёхмерном виде графики комплексной зависимости трудоёмкости, затрат и

рисков, построенный по 2-м различным функциям (эллиптический параболоид и классический параболоид), продемонстрированы на рис. 3, 4.

Таблица 2

Источники и факторы технического риска [5, с. 32]

Источник технического риска	Распространенные факторы технического риска
Низкий уровень научно-исследовательских работ	Ошибочный выбор по критериям безопасности направлений развития техники и технологии
Низкий уровень опытно-конструкторских работ	Выбор потенциально опасных конструктивных схем и принципов действия технических систем. Ошибки в определении эксплуатационных нагрузок. Недостаточный запас прочности. Отсутствие в проектах технических средств безопасности.
Опытное производство новой техники	Некачественная доводка конструкций, технологии, документации по критериям безопасности
Серийный выпуск небезопасной техники	Отклонение от заданного состава конструкционных материалов. Недостаточная точность конструктивных размеров. Нарушение режимов термической и химико-термической обработки деталей. Нарушение регламентов сборки деталей, узлов и монтажа конструкций
Нарушение правил безопасной эксплуатации технических систем	Использование техники не по назначению. Нарушение паспортных (проектных) режимов эксплуатации. Несвоевременные профилактические осмотры и ремонты. Нарушение требований транспортировки и хранения
Ошибки персонала	Слабые навыки действия в сложной ситуации. Неумение оценивать информацию о состоянии процесса. Слабое знание сущности происходящего процесса. Отсутствие самообладания в условиях стресса. Недисциплинированность

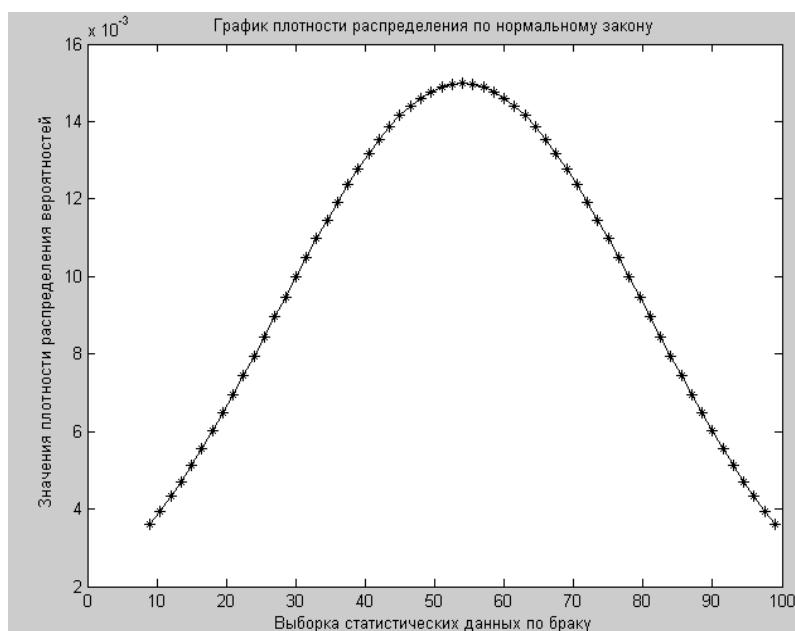


Рис. 2. График плотности распределения статистических данных по нормальному закону (Гаусса) для анализа технологических процессов

Поверхность (рис. 3), представляемая уравнением (4)[10, с. 17]

$$z = \frac{x^2}{2p} + \frac{y^2}{2q}, \quad (4)$$

при ($p > 0, q > 0$), носит название эллиптический параболоид.

Сечения плоскостями XOZ и YOZ (главные сечения – это параболы (5)) [6, с. 52].

$$x^2 = 2pz, \quad y^2 = 2qz. \quad (5)$$

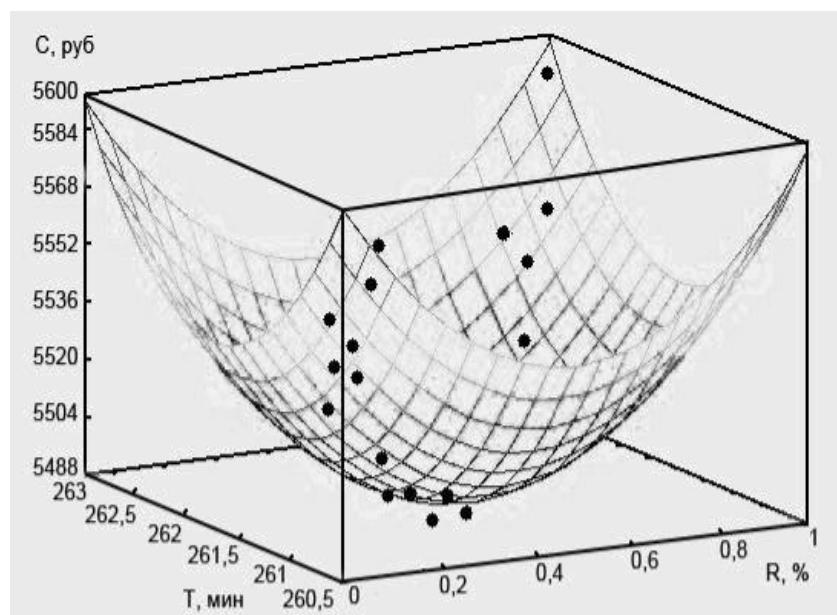


Рис. 3. 3D-график зависимости трудоемкости, затрат и рисков (эллиптический параболоид)

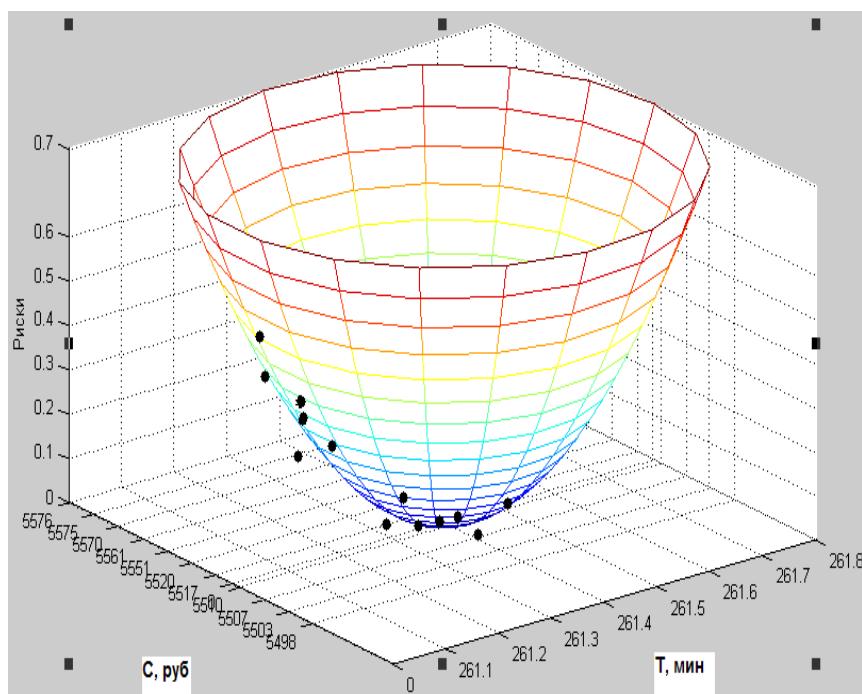


Рис. 4. 3D-график зависимости трудоемкости, затрат и рисков (параболоид)

Таким образом, построенные и рассмотренные в графическом виде статистические данные по браку деталей «Стойка» узла камеры сгорания (рис. 2), а также продемонстрированные 3D-графики зависимости трудоемкости, времени и рисков для типового директивного технологического процесса изготовления детали «Стойка» (рис. 3, 4) позволяют находить глобальные экстремумы для многокритериальной оптимизации директивных технологических.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследованные закономерности влияния директивных технологических процессов на качество и технический уровень новой техники на примере разработки директивных технологических процессов изготовления «Стоек» камер сгорания ГТД позволили устанавливать частные (локальные) и глобальные оптимумы, что позволяет получать оптимальные решения, с использованием нового пакета программ для оптимизации директивных технологических процессов в авиадвигателестроительном производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бешелев, С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.
2. Королёв, В.Ю. Математические основы теории риска: уч. пособие / В. Ю. Королев, В. Е. Бенинг, С. Я. Шоргин – М.: Физматлит, 2007. – 542 с.
3. Коссов В. В., Лившиц В. Н., Шахназаров А. Г. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. – М.: Экономика, 2001. – 421 с.
4. Крастинь, О.П. Изучение статистических зависимостей по многолетним данным. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 136 с.
5. Кукин, П.П. Анализ и оценка риска производственной деятельности: Учеб. пособие / П.П. Кукин, В.Н. Шлыков, Н.Л. Пономарев, Н.И. Сердюк. – М.: Высшая школа, 2007. – 328 с.
6. Летова Т.А., Пантелеев А.В. Экстремум функций в примерах и задачах: Учебное пособие. – М.: МАИ, 1998. – 376 с.
7. Медынский, В. Г. Инновационный менеджмент: учебник / В. Г. Медынский. – М.: Инфра-М, 2005. – 295 с.
8. Расчёты экономической эффективности новой техники: Справочник / Под ред. К.М. Великанова. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Машиностроение. 1990. – 448 с.
9. Статистические методы анализа безопасности сложных технических систем: Учебник / Л.Н. Александровская, И.З. Аронов, А.И. Елизаров и др.; Под ред. В.П. Соколова – М.: Логос, 2001. – 232 с.
10. Шипачев В.С. Высшая математика. Учебник для вузов. – 5-е изд., стер. – М.: Высшая школа. 2011. – 479 с.

ОБ АВТОРАХ



Поезжалова Светлана Николаевна, инженер кафедры технологии машиностроения УГАТУ, магистр техники и технологий (УГАТУ, 2009). Исследования в области высоких и критических технологий авиадвигателестроения, оптимизации технологических процессов с помощью методов искусственного интеллекта

e-mail: poezjalova@mail.ru

ПОРШНЕВОЙ ДВС С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ, РАБОТАЮЩИЙ НА АВИАЦИОННОМ КЕРОСИНЕ

Кислухин Н. В.

Обостряющийся энергетический кризис привел к необходимости реконструкции топливно-энергетического комплекса, подразумевающей глубокую переработку нефти, применение энергосберегающих технологий, переход на менее дорогостоящие виды топлив. Поэтому одним из основных путей совершенствования двигателей внутреннего сгорания, остающихся основными потребителями нефтяных топлив, является их адаптация к работе на различных альтернативных топливах.

Сжигание альтернативных топлив возможно как в двигателях внутреннего сгорания с принудительным воспламенением (в бензиновых двигателях, приспособленных к работе на этих топливах), так и в двигателях с воспламенением от сжатия (в дизельных двигателях). Однако многие альтернативные топлива плохо испаряются в условиях, характерных для процесса смесеобразования бензиновых двигателей; не всегда возможно их воспламенение в камерах сгорания этих двигателей при сравнительно невысоких температурах конца сжатия и низких значениях коэффициента избытка воздуха.

Для обеспечения многотопливности бензиновых двигателей необходимо организовать процессы топливоподачи, смесеобразования, воспламенения и сгорания топлив с различными свойствами. Значительное влияние на работу бензиновых двигателей оказывает протекание процесса топливоподачи. При переводе бензиновых двигателей на альтернативные топлива может возникнуть проблема корректирования топливоподачи и последующих процессов их воспламенения и сгорания. В частности, при работе двигателей внутреннего сгорания с принудительным воспламенением со штатной системой топливоподачи на легких альтернативных топливах (спирты, бензин) наблюдается уменьшение массового часового расхода топлива и соответствующее снижение мощности двигателя. Другой проблемой является увеличение периода задержки воспламенения низкоцетановых альтернативных топлив, приводящее к более жесткому процессу сгорания топлива, большим градиентам нарастания давления и возрастанию максимального давления сгорания. Поэтому для обеспечения требуемых показателей работы бензиновых двигателей необходимо корректирование цикловой подачи и угла опережения впрыска топлива в соответствии с его физико-химическими свойствами.

Одним из наиболее перспективных способов повышения топливной экономичности и снижения токсичности выбросов поршневых ДВС с искровым воспламенением является переход на качественное регулирование нагрузки. Усилия многих лабораторий повсюду в мире направлены на решение этой проблемы. На кафедре ДВС Уфимского государственного авиационного технического университета в течение нескольких лет разрабатывается новый рабочий процесс, обеспечивающий бездетонационное сгорание бензинов, дизельного топлива, спиртов и их смесей с водой в условиях высоких степеней сжатия с качественным регулированием нагрузки.

Эксперименты были проведены на двухтактном одноцилиндровом поршневом двигателе ММВЗ 3.112 с двухканальной возвратно-петлевой продувкой. Двигатель имеет рабочий объем 123 см³. Степень сжатия в серийном варианте $\varepsilon = 10,5$.

Характерная особенность применения компрессор-форсунки-впрыск в цилиндр двигателя топливовоздушной смеси, которая образуется под плунжером при перемешивании топлива с поступающим туда воздухом. Присутствие воздуха коренным образом изменяет процесс сжатия топлива и оказывает тем самым значительное влияние на процесс топливоподачи и качество распыливания. Здесь в значительной мере

оказывают влияние «вредные» объемы, образующиеся при установке клапанов трубопроводов и т.д. Поэтому необходимо проектировать компрессор-форсунку так, чтобы минимизировать эти объемы.

В качестве привода компрессор-форсунки был использован кривошипно-шатунный механизм. Принципиальное устройство компрессор-форсунки схематично показано на рис.1.

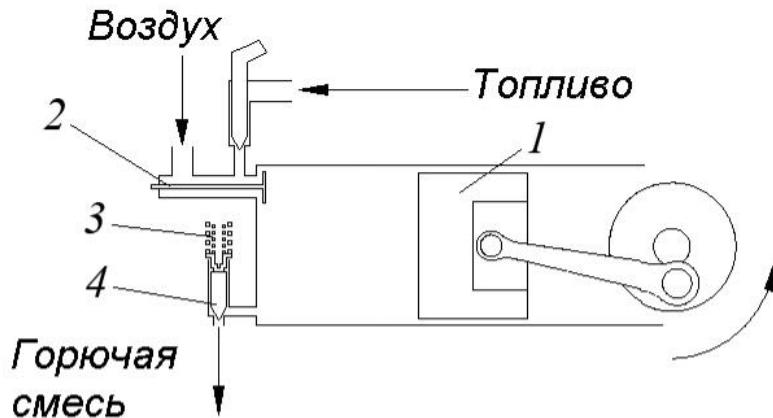


Рис. 1 Схема компрессор-форсунки: 1 – поршень; 2 – выпускной клапан; 3 – пружина; 4 – игла распылителя.

Экспериментальный двигатель (рис. 2) представляет собой серийный двигатель ММВЗ-3.112 с установленной на нем специально разработанной топливной аппаратурой – компрессор-форсункой. Привод компрессор-форсунки осуществлялся от коленчатого вала двигателя зубчатым ремнем. На двигателе имеется возможность регулирования степени сжатия, углов опережения зажигания и впрыска, местоположения искрового зазора свечи зажигания. Регулирование подачи топлива осуществлялось игольчатым дозатором. Для проведения экспериментов была использована бесконтактная система зажигания с применением датчика Холла. Возможность регулировать глубину ввинчивания свечи зажигания позволяет оптимизировать взаимное расположение свечи зажигания и впрыскиваемой топливовоздушной струи. Для воспламенения ТВС использовалась свеча зажигания NGK DCPR8EKC.

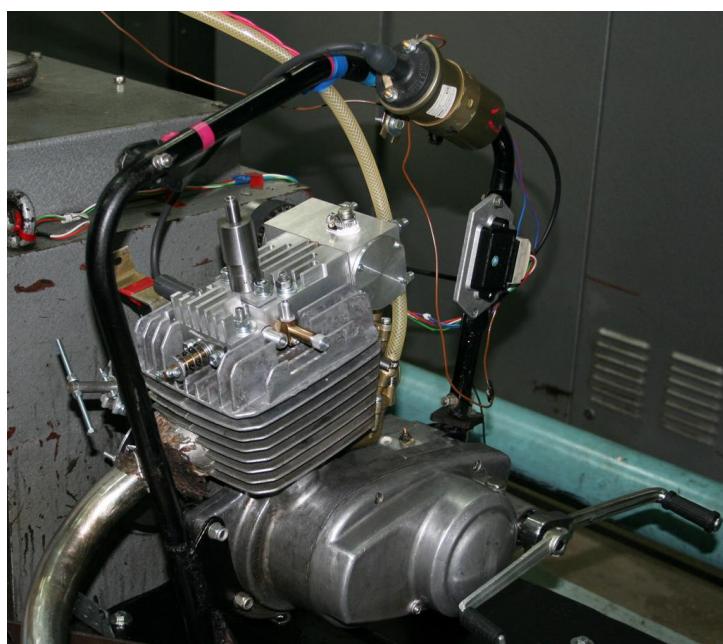


Рис. 2 Общий вид экспериментального двигателя.

Для поиска оптимальных углов опережения зажигания и впрыска были специально спроектированы устройства, позволяющие изменять величины данных параметров. Угол опережения зажигания может изменяться в диапазоне от 0 до 60 град. ПКВ, при работающем двигателе.

Угол опережения впрыска может изменяться с шагом 17 град. п.к.в. за счет смещения вала КФ относительно коленчатого вала двигателя на один шаг зубчатого колеса. За счет особенностей привода, изменения расположение роликов, имелась возможность более тонкой регулировки угла опережения впрыска, позволяющая устанавливать любой УОВ.

Продолжительность впрыска и давление начала впрыска можно регулировать усилием пружины запорной иглы. Благодаря этому имеется возможность регулирования характеристик распыла топлива в широком диапазоне.

В результате экспериментальных исследований характерных режимов работы двигателя, проведенных на бензине марки А-80 ГОСТ Р 51105-97, подтвердилась гипотеза о принципиальной возможности снижения расхода топлива и токсичности отработавших газов путем реализации непосредственного впрыска топливовоздушной смеси в двухтактный двигатель и качественного регулирования нагрузки. Таким образом, была создана работоспособная система непосредственного впрыска топлива для двухтактного двигателя.

Было принято решение о подготовке системы непосредственного впрыска для работы на керосине, так как данная система разрабатывалась с прицелом на применение в авиационном поршневом двигателе АПД-800, который создавался на УМПО для малой авиации. В качестве топлива был выбран именно авиационный керосин, что объясняется тем, что для нормальной бесперебойной работы двигателя на высоте топливо должно обладать соответствующим фракционным составом: во-первых, углеводороды, выкипающие ниже температуры 150°C, не обеспечивают необходимую калорийность, а углеводороды, выкипающие выше температуры 250°C не сгорят; во-вторых, температура начала кристаллизации не должна быть выше -60°C, так как с увеличением высоты полета температура окружающего воздуха падает и топливо может просто «застыть»; в-третьих, высокое содержание ароматических углеводородов, характерное для бензинов, ухудшает сгорание даже при избытке воздуха.

Были проведены экспериментальные исследования работы двигателя на авиационном керосине марки ТС-1 ГОСТ 10227-86. Их целью являлось подтверждение гипотезы о возможности применения авиационного керосина в качестве топлива для двигателя, оснащенного системой непосредственного впрыска топлива, с возможным приемлемым снижением его характеристик. По результатам опытов были построены характеристики, представленные на рис. 3 и 4.

Как показано на рис. 3 и 4, характеристики двигателя, работающего на керосине, не сильно отличаются от характеристик двигателя, работающего на бензине. Таким образом, можно сделать вывод о возможности применения авиационного керосина в качестве топлива для двигателя с непосредственным впрыском.

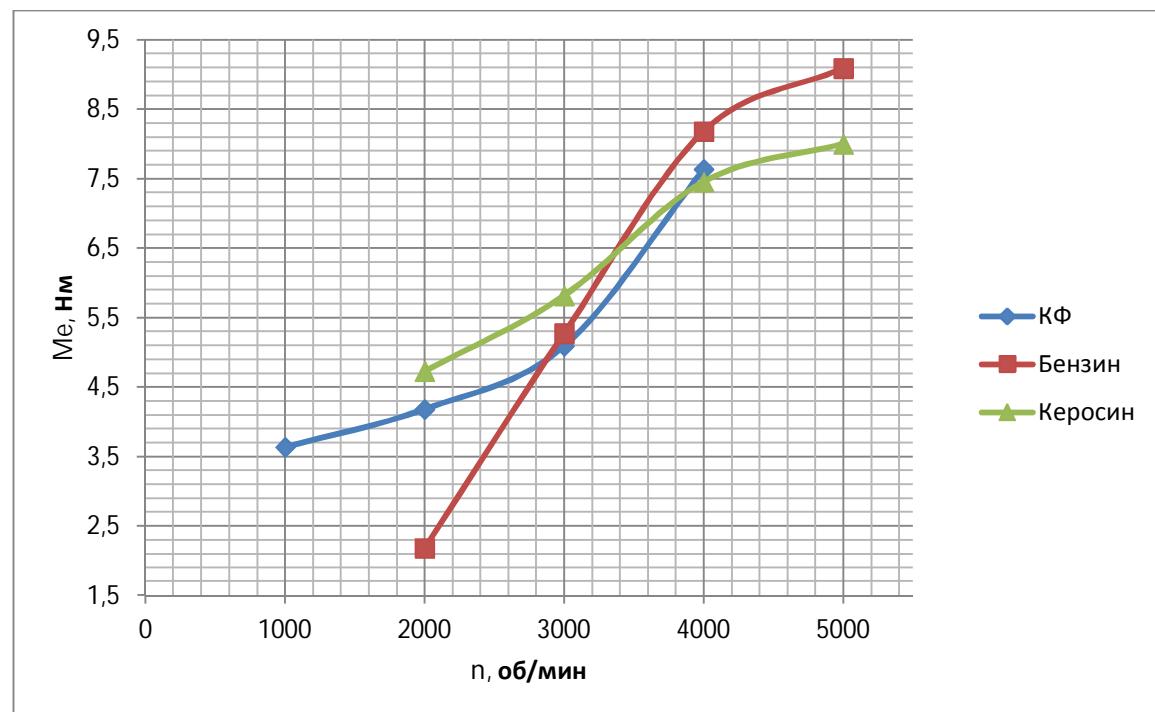


Рис. 3 Зависимость эффективного крутящего момента от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

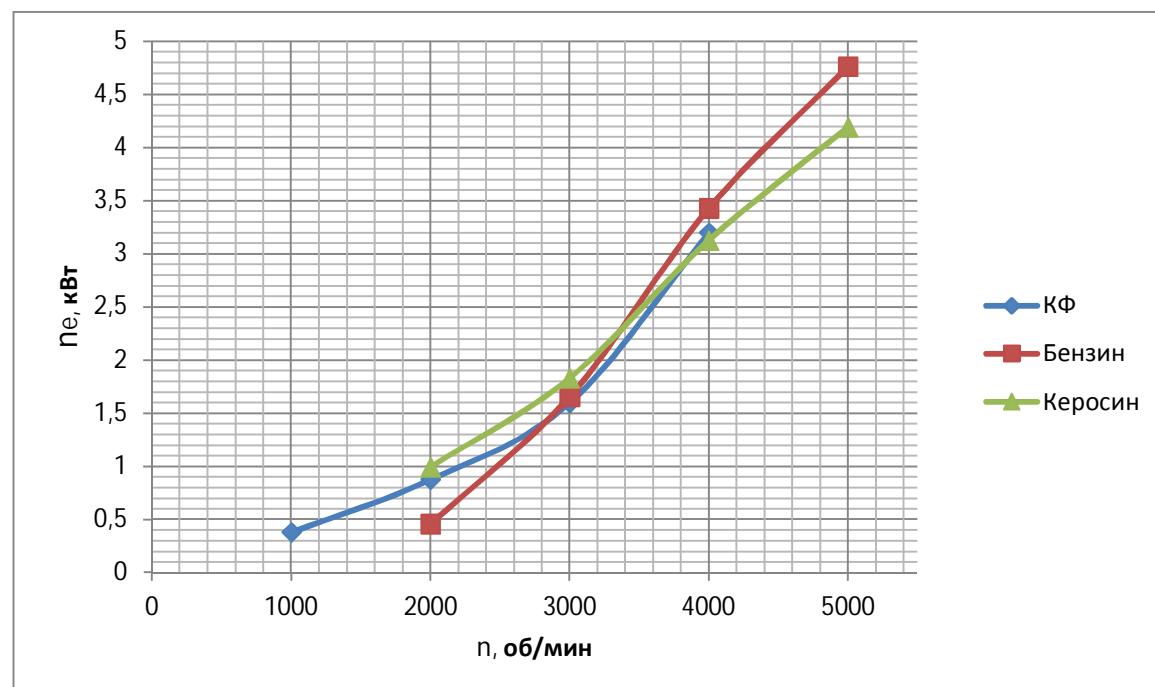


Рис. 4 Зависимость эффективной мощности от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Литература

1. Гришин Ю.А. Анализ и перспективы развития поршневых авиадвигателей: учеб. пособие. М.: ЦАГИ, 2000. 52 с.
2. Чулков П.В. Моторные топлива: ресурсы, качество, заменители. М.: Политехника, 1998. 415 с.
3. Справочник под ред. В.М. Школьникова Топлива. Смазочные материалы. Технические жидкости. Ассортимент и применение. М.: Техинформ, 1999. 596 с.
4. Энглин А.А. и др. Применение жидких топлив при низких температурах. М.: Химия, 1980. 208 с.

5. Борисов А.О., Гарипов М.Д., Еникеев Р.Д., Черноусов А.А. Рабочий процесс многотопливного поршневого двигателя. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2008. 272 с.

ОБ АВТОРЕ



Кислухин Николай Владимирович, студент пятого курса УГАПТУ, гр. ДВ-563. Исследования в области непосредственного впрыска в двухтактных двигателях внутреннего сгорания.

e-mail: nick.vlad.91@mail.ru

УДК 504.06.(075.8)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЭТАНОЛА В КАЧЕСТВЕ АВИАЦИОННОГО ТОПЛИВА

Кострюкова Н. В, Салимзянова А. А., Ор-Рашид Х. М.

Истощение запасов нефти и газа, а также негативные экологические последствия их переработки и сжигания – глобальные проблемы современной мировой энергетики.

Одним из основных потребителей топлив на основе ископаемого сырья являются авиационные двигатели. Объем потребления нефти для производства авиационных топлив достиг 3,5 млрд. тонн и продолжает увеличиваться. Между тем, извлекаемые запасы нефти в мире и России оцениваются, соответственно, в 140 и 7 млрд. т., этих ресурсов даже при сохранении нынешних объемов добычи (в РФ – ок. 470 млн. т. в год) хватит лишь на несколько десятков лет.

Природные ресурсы, которые потребляет человечество, можно условно разделить на две части: возобновляемые и невозобновляемые. Используемые человечеством технологии ориентированы в первую очередь на использование невозобновляемых природных ресурсов. При этом их использование технологически влечёт за собой нарушения в окружающем мире: уменьшается плодородие почв и количество пресной воды, загрязняется атмосфера и т.п. Альтернативой существующим технологиям являются технологии, ориентированные на переработку растений, использующих для своего роста солнечную энергию. Получающиеся при этом продукты могут закрыть практически все потребности человечества в энергоресурсах [3]. Одним из продуктов, который можно получить из всех растений, является спирт, который может использоваться во всех видах двигательных установках вместо бензина, керосина [1].

Энергия, которой обладает ежегодно прирастающее на планете количество биомассы, эквивалентна 40 млрд. тонн нефти. При этом мировое потребление нефти составляет около 3 млрд. тонн в год. Таким образом, перспектива использования биомассы в качестве топлива для производства тепла, электричества и механической работы просматривается вполне отчетливо (рис.1).



Рис.1. Схема кругооборота веществ при производстве и потреблении биотоплив на примере этанола

Биоэтанол – как альтернативный вид топлива

Проанализирована возможность использования биоэтанола в авиационной промышленности взамен существующему керосину.

Высокие антидетонационные качества определяют преимущественное использование спиртов в двигателях внутреннего сгорания с принудительным (искровым) зажиганием. При этом основные мероприятия по переводу самолетов на работу на чистых спиртах сводятся к увеличению вместимости топливного бака, увеличению степени сжатия двигателя до 12—14 с целью полного использования детонационной стойкости топлива и большую степень обеднения смеси.

Этиловый спирт является химическим соединением, содержащим в своём составе кислород, поэтому он является сильнейшим катализатором горения керосина. Стехиометрический состав керосиновой смеси должен содержать 14.5 долей воздуха на долю топлива. При использовании в топливе, например, 30% этилового спирта требуемое содержание воздуха снижается до 9 долей. Это означает, что для сжигания такого же объёма топлива, но имеющего в своём составе этиловый спирт необходимо в полтора раза меньше воздуха, чем при сжигании топлива на 100% состоящего из чистого керосина. Во-первых - это значительное увеличение максимальной мощности двигателя - не меняя конструкцию двигателя можно сжигать при том же объёме подаваемого воздуха в 1.5 раза больше топлива. В то же время, вследствие низкотемпературного горения спиртового топлива мгновенная нагрузка на силовые элементы намного ниже, чем при горении чистого керосинового топлива. Во-вторых - увеличивается крутящий момент двигателя на низких оборотах из-за более раннего воспламенения топливной смеси. Для улучшения смазывающих свойств в спиртовые топлива можно вводить до 1% касторового масла [1].

Авиатранспорт является источником загрязнения атмосферы. Вредные вещества, выбрасываемые авиатранспортом составляют примерно 40% всех выбросов в атмосферу. Средняя длительность пребывания загрязняющих веществ от выбросов авиационного топлива в атмосфере составляет примерно 2 года. При замене керосина на этанол происходит уменьшение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Анализ эмиссии двигателей самолета использующий керосин и проектного двигателя самолета использующий спирт

В работе проведен сравнительный расчет эмиссии двигателя ТУ-154, использующий керосин и теоретический расчет эмиссии двигателя, использующий спирт [2].

Эмиссия двигателей – выброс в атмосферу с отработавшими газами авиационных двигателей прямых и побочных продуктов сгорания топлива, которые могут быть причиной нежелательного воздействия летательного аппарата на окружающую среду. Эмиссии оксида углерода (сажи) – результат неполного сгорания топлива, при которой становится возможным окисление содержащегося в воздухе азота. Количественно эмиссия вредных веществ характеризуется индексами эмиссии отдельных компонентов (число граммов компонента на 1 кг израсходованного топлива).

"Степень вредности" каждого авиадвигателя характеризуется его контрольными параметрами эмиссии различных ингредиентов - $\frac{M_i}{R_0}$,

Задача расчёта эмиссии двигателя сводится к расчёту:

M_i – массы каждого вредного вещества, выброшенного за время его работы.

R_0 – тяга двигателя на взлётном режиме – величина, известная из документации, или из формуляра двигателя.

Рассчитаем величины M_i для зоны аэропорта, на тех режимах и за тот период времени работы, когда воздушное судно находится в зоне аэропорта с работающими двигателями.

Воздушное судно в зоне аэропорта производит взлётно-посадочный цикл полёта, который состоит из следующих этапов:

- запуск и прогрев двигателей;
- руление до ВПП;
- взлёт;
- набор высоты 1000 м;
- снижение с высоты 1000 м;
- пробег;
- руление до остановки двигателей.

Двигатели воздушного судна на этих этапах работают на различных режимах. Поэтому для удобства расчёта разделим взлётно-посадочный цикл воздушного судна на два вида операций: наземные операции и операции взлёт-посадка, тогда:

$$M_{iAP} = M_{iH} + M_{iB-P}; \quad (1)$$

Наземные операции – это запуск двигателей, их прогрев, руление воздушного судна перед взлётом и после посадки. Главной характеристикой этих операций (с точки зрения расчёта эмиссии двигателей) является то, что двигатели воздушного судна работают на одном режиме – режиме малого газа, и по времени это самые продолжительные операции в зоне аэропорта. Это обстоятельство упрощает расчёт.

Определим M_{iH} по формуле:

$$M_{iH} = K_{iH} * G_{PH}; \quad (2)$$

где K_{iH} – коэффициент выброса i -го ингредиента во время наземных операций

($\frac{\text{кг.ингр.}}{\text{кг.гор.}}$).

Очевидно, что $K_{iH} = EI_{iH} * 10^{-3}$ (по определению), т.е. это тот же индекс эмиссии. K_i так как EI_i , определяется во время сертификационных испытаний двигателей.

G_{PH} – масса топлива (кг), использованного двигателем за время взлётно-посадочного цикла:

$$G_{PH} = C_{уд.МГ.} * R_{МГ} * t_{МГ},; \quad (3)$$

где $C_{УД.МГ.} \left[\frac{kg}{H \cdot ч} \right]$ – удельный расход топлива за время работы двигателя на режиме малого газа;

$R_{МГ} [H]$ – тяга двигателя на режиме малого газа;

$t_{МГ} [ч]$ - наработка двигателя на режиме малого газа за время взлетно-посадочного цикла .

Операции взлёт-посадка – это взлёт, набор высоты 1000 м, снижение с высоты 1000 м и посадка.

В этом случае для расчёта эмиссии двигателей воздушного судна, которое находится в воздухе, эмиссионной характеристикой является массовая скорость эмиссии - $W_i \left[\frac{kg.ингр.}{ч} \right]$.

Массовая скорость эмиссии W_i также определяется во время сертификационных испытаний двигателей.

Тогда определим M_{iB-P} по формуле:

$$M_{iB-P} = W_{i1} * T_{1B-P} + W_{i2} * T_{2B-P} + W_{i3} * T_{3B-P}; \quad (4)$$

где $W_{i1,2,3} \left[\frac{kg}{ч} \right]$ – массовая скорость эмиссии ингредиента i при соответствующих режимах работы двигателя соответственно на взлёте, во время набора высоты 1000 м и во время снижения с высоты 1000 м;

$T_{1,2,3} [ч]$ – режимная наработка двигателя соответственно на взлёте, во время набора высоты 1000 м и во время снижения с высоты 1000 м.

Определив, таким образом $M_{iAP} = M_{iH} + M_{iB-P}$, вычисляем

контрольный параметр эмиссии двигателя $\frac{M_{iAP}}{R_0}$, (где R_0 – взлётная тяга

двигателя в кН) и сравниваем его с нормами ИКАО, делая вывод про соответствие данного двигателя современным требованиям по эмиссии в отношении данного ингредиента.

На рис. 2 представлена диаграмма по результатам расчета эмиссии двигателей самолета Ту-154 и проектного двигателя самолета.

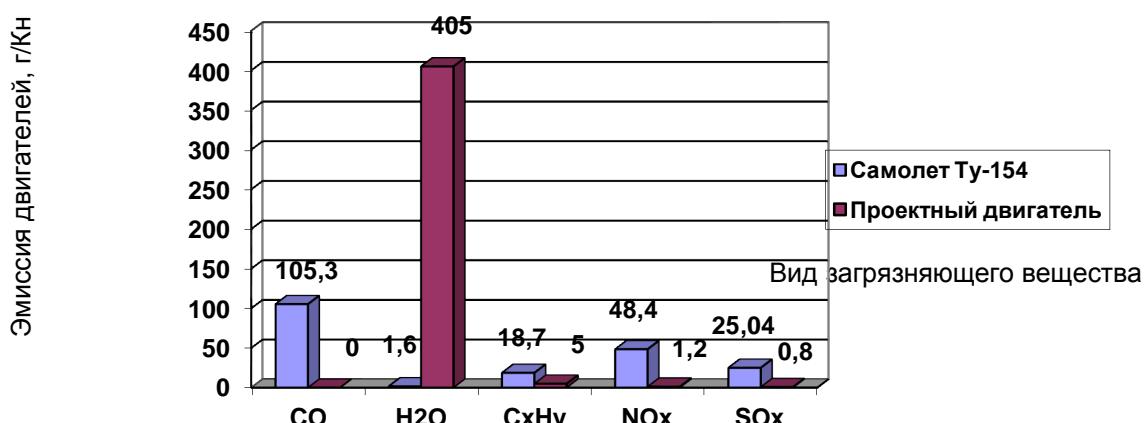


Рис.2. Диаграмма распределения вредных веществ самолета Ту-154 и проектного двигателя на спиртовом топливе

В таблице 1 представлены результаты анализа эмиссии двигателей самолета Ту-154 и проектного двигателя на спиртовом топливе.

Таблица 1

Сравнительная таблица эмиссии двигателей Ту-154 и проектного двигателя на спиртовом топливе

Анализируемый объект	Масса загрязняющих веществ, г/кН				
	CO	H ₂ O	C _x H _y	NO _x	SO _x
Ту-154	105,3	1,6	18,7	48,4	25,04
Проектный двигатель на спиртовом топливе	-	405	5	1,2	0,8

Таким образом, двигатель на спиртовом топливе не выбрасывает монооксидов углерода, в десять раз меньше углеводородов, оксидов азота, оксидов серы. Основную массу выбросов составляют выбросы воды и диоксида углерода.

Способы получения биоэтанола

Главным преимуществом этанола перед авиационным керосином является несопоставимо большая сырьевая база, что обуславливается возможностью производства этанола практически из любого органического сырья, в том числе и отходов. Этиловый спирт можно получать сбраживанием пищевого углеводсодержащего сырья, главным образом зерна (ржань, ячмень, кукуруза, овёс, просо), картофеля, кукурузы, ятрофы. Однако данные методы не получили широкого распространения в связи с необходимостью засеваания больших площадей данным видом растительности [3].

Другой метод, также основанный на переработке растительного сырья, заключается в переработке отходов, например, древесины, сахарного производства (гидролизный спирт). Главный критерий выбора сырья это его доступность и наличие для переработки 365 дней в году. Таким отходом является отход сахарного производства – меласса.

На сегодняшний день имеется около трехсот свеклосахарных заводов общей мощностью по переработке свёклы 697 тыс. т. в сутки, 14 самостоятельных сахароррафинадных заводов и 12 рафинадных отделений при свеклосахарных заводах общей мощностью 9,3 тыс. тонн выработки рафинада в сутки [6]. Ежегодно на сахарных заводах мелассы образуется около 9 тыс. тонн. В настоящее время производство этанола из мелассы является актуальным как с позиции рационального природопользования, так и с точки зрения экономической эффективности. При обработке мелассы образуется большое количество отходов в виде барды, лютера, которые впоследствии можно переработать.

Разработка схемы получения биоэтанола из мелассы

В работе предложена принципиальная схема производства спирта из отходов сахарного производства. Производство этилового спирта из мелассы ведется по периодическому способу брожения (рис. 3). Особенностью сбраживания мелассы является приготовление и переработка мелассного сусла одной концентрации [5].

Технология получения этилового спирта из мелассы основана на ферментативном сбраживании сахаров дрожжевыми микроорганизмами и включает следующие основные процессы (рис. 4):

- приготовление мелассного сусла;
- сбраживание сусла;
- перегонка бражки.

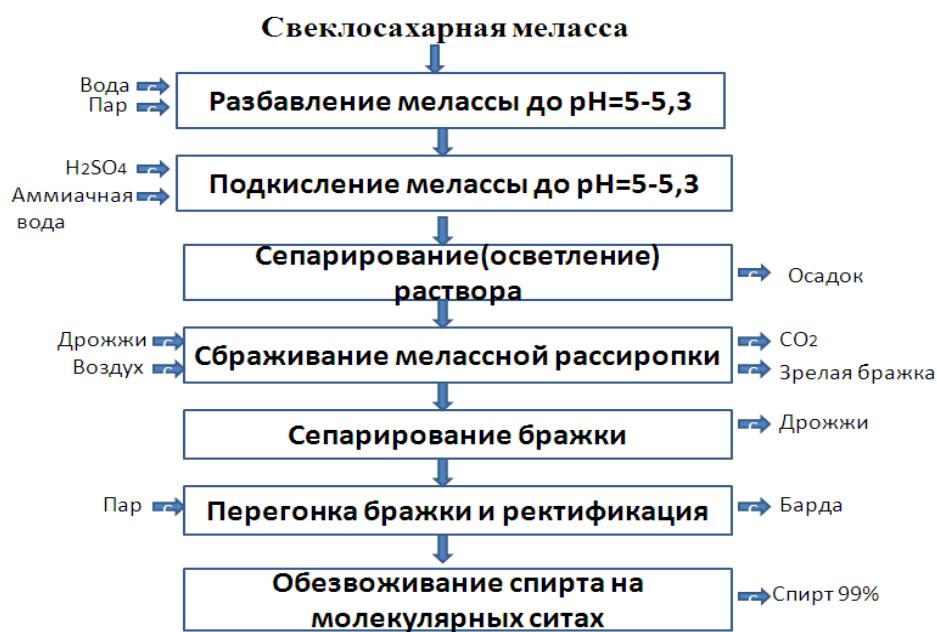


Рис. 3. Схема получения этилового спирта из свеклосахарной мелассы

Основная задача процесса нейтрализации — снижение активной кислотности мелассы с повышением pH от 1,3 до 3,5...5, что достигается нейтрализацией серной и частично органических кислот мелассы с помощью нейтрализующих агентов. В качестве нейтрализующих агентов применяются известковое и меловое молоко, а также аммиачная вода.

Нейтрализат, освобожденный от взвешенных частиц, перед брожением охлаждается в холодильнике с 85°C до 30°C. Нейтрализованный, очищенный и охлажденный раствор мелассы, содержащий необходимые питательные соли, носит название мелассного сусла.

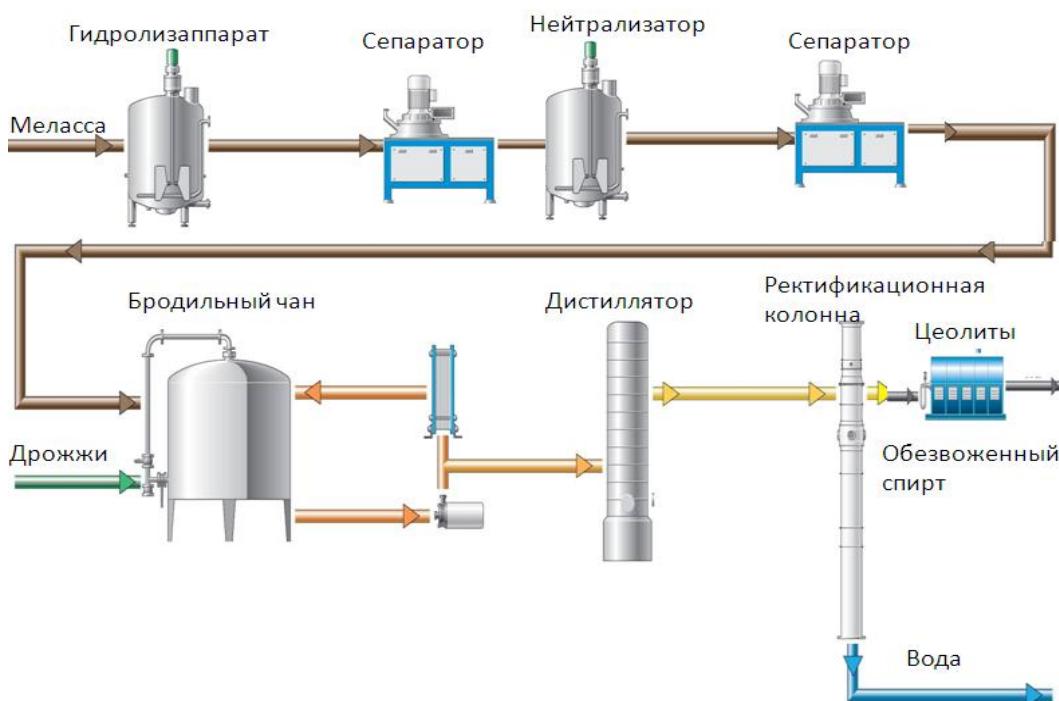
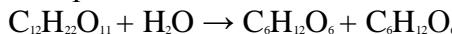


Рис.4. Схема получения спирта из мелассы

Сбраживание мелассного сусла с использованием дрожжей, производят в бродильных аппаратах (чанах) в непрерывном потоке бражки, для чего бродильные чаны соединены между собой в непрерывнодействующую бродильную батарею.

К раствору сахара добавляют дрожжи и повышают температуру до 25...30 °С. Фермент дрожжей инвертаза превращает сахарозу в глюкозу и фруктозу. Происходит реакция:

инвертаза



глюкоза фруктоза

Далее глюкоза и фруктоза под действием зимазы (совокупность дрожжевых ферментов спиртового брожения) превращается в этиловый спирт и углекислый газ.

зимаза



глюкоза/фруктоза

В бродильном чане происходит сбраживание мелассного сусла с помощью непрерывно поступающих дрожжей в течение 16-18 часов. По окончании брожения и отделения дрожжей спиртовая бражка содержит от 1,2 до 1,6% этилового спирта и около 1% пентозных сахаров.

Следующим этапом является выделение спирта из ректификационной колонны. Процесс ректификации является завершающим этапом получения спирта из мелассы.

Этанол содержит в своем составе разные соединения, такие как метанол, сивушные масла, эфиры и альдегиды. Эти соединения улучшают качество этанола, поэтому их отделять не надо. Без этих соединений, качество этанола ухудшается. В связи с этим, в производстве этанола достаточны только две ректификационные колонны, вместо 3...5 колонн.

Заключение

Таким образом, при переработке мелассы решаются одновременно две проблемы: проблема утилизация отходов, использование возобновляемых источников энергии.

Анализ показал, что альтернативный вид топлива в авиации – спирт позволяет уменьшить загрязнение окружающей среды, увеличить мощность двигателя, а также использовать возобновляемые источники энергии, не нанося ущерб природной среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Производство биоэтанола [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.bioethanol.ru/bioethanol/> свободный. - Загл. С экрана. – Яз. Рус. 26.11.2011.
- Гарипов, М.Д., Еникеев Р.Д., Сакулин Р. Ю. Рабочие процессы и конструирование двигателей, работающих на биотопливах: учебное пособие – Уфимский государственный авиационный технический университет – Уфа: УГАТУ, 2008. – 107 с.
- Биомасса — источник энергии/ Н.А. Рустамов, С.И. Зайцев, Н.И. Чернова // «Энергия», 2005, № 6. С. 20-28.
- Экология атмосферы. А.П.Морозов // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. 2006. - 2. - с.127-137.
- Экология, окружающая среда и человек/под ред. Ю.В.Новикова. Издательско-торговый дом «Гранд», Москва, 1998
- Биотопливо и перспектива его использования. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://hybridcars.narod.ru/fuel/biofuel/biofuel_tech.html свободный.

ОБ АВТОРАХ



Салимязнова Айгуль Альфировна, магистрант каф. двигателей внутреннего сгорания УГАТУ, дипл. бак. по технике и технологи по защите окружающей среды (УГАТУ, 2012). Исследования в области ресурсосбережения и замены традиционного топлива альтернативным.

e-mail: nikaxa@inbox.ru



Кострюкова Наталья Викторовна, доцент кафедры БП и ПЭ УГАТУ, диплом инженера-химика (Уфимский Технологический Институт Сервиса, 1998 г), доцент по кафедре безопасности производства и промышленной экологии (УГАТУ, 2008г.) кандидат химических наук (Институт органической химии УНЦ РАН, 2001 г). Исследования в области безопасности производства и ресурсосберегающих технологий.

e-mail: kostrukova@list.ru



Ор-Рашид Харун Мухаммад, аспирант каф. авиац. двигателей УГАТУ, дипл. инж. по технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей (УГАТУ, 2010). Исследования в области регулирования процессов авиационных ГТД в эксплуатационных условиях

e-mail:harun_82@mail.ru

УДК 622.692

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЗРАЗМЕРНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ ПРИ МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО КЛАПАНА НЕПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ

Исмагилова Д. Ф., Исмагилова Р. Ф., Целищев В. А.

Во всех гидравлических системах существует необходимость в защите от повреждений, связанных со скачками давления. Как правило, волна давления возникает, когда происходит изменение скорости течения жидкости в замкнутом трубопроводе. Колебание давления может быть опасно высоким, если изменение скорости течения жидкости в трубопроводе слишком велико. Гидравлические системы, такие как трубопроводы, а также системы хранения или погрузки/разгрузки терминалов, требуют защиты оборудования и персонала от потенциальных убытков, которые происходят из-за скачков давления. Волна давления может быть порождена любым элементом трубопровода, который вызывает изменение скорости жидкости в трубопроводе. Например, волна давления (гидравлический удар) может возникнуть из-за срабатывания системы аварийного отключения, закрытия или открытия клапанов с ручным или электрическим приводом, быстродействующей задвижки обратного клапана, или запуска и остановки насоса.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Чтобы защитить большие гидравлические системы от отказа трубопроводной арматуры, колебания давления, связанные с гидравлическим ударом, должны быть погашены. В трубопроводных системах, особенно важно, чтобы система гашения гидроудара обладала высоким быстродействием и высокой пропускной способностью.

Известно несколько способов гашения гидроудара, которые делятся на следующие группы:

- применение различных клапанов;
- отбор жидкости с использованием предохранительных клапанов
- использование гасителей колебаний.

Применение различных клапанов представляет собой установку обратных клапанов, клапанов-гасителей и клапанов для впуска и защемления воздуха.

Отбор жидкости перед отсечными клапанами осуществляется при помощи клапанов отбора жидкости, настраиваемых на определенное значение давления и разрывных мембран.

Гасители колебания делятся на следующие типы: ресиверы, стабилизаторы давления и воздушные колпаки.

Эффективность некоторых средств гашения колебаний давления в трубопроводных системах ограничена вследствие ряда принципиальных недостатков. При использовании гасителей без диссипативных элементов, таких как воздушные колпаки, ресиверы, невозможно обеспечить существенное снижение амплитуды колебаний давления. Большие объемы газовой подушки гасителей типа воздушных колпаков не позволяет их использовать в конструкциях с жесткими массогабаритными требованиями. Гасители интерференционного типа весьма чувствительны к изменению характеристик гасимых колебаний и работоспособны лишь в случае гармонических колебаний, крайне редко встречающихся в реальных технических системах. Применение клапанов впуска и защемления воздуха в трубопроводе может оказаться недостаточным для полного снижения повышения давления при гидроударе в системах трубопровода со сложным профилем, а впущенный в трубопровод нерастворенный воздух может создавать дополнительные сопротивления. Разрывные мембранны требуют замены после каждого срабатывания, кроме того они неэкологичны.

Наиболее популярным и эффективным решением рассматриваемой проблемы является установка предохранительных клапанов.

Принцип действия этих устройств состоит в отводе части жидкости в специальный резервуар для снижения темпа нарастания давления.

Существуют самые разнообразные конструкции клапанов отбора жидкости. Наиболее целесообразной является классификация клапанов по конструкции. По этому признаку все конструкции клапанов отбора жидкости, аналогично предохранительным клапанам, могут быть объединены в две основные группы [1]:

- однокаскадные прямого действия;
- двухкаскадные непрямого действия.

Однако применение предохранительных клапанов ограничено из-за высокой стоимости, больших масс и габаритов, значительных по объему резервуаров для сброса нефти. Большинство же трубопроводов вообще не оборудуется средствами защиты [2].

В связи с изложенным, теоретические исследования, в том числе моделирование и разработка новых высокоэффективных средств защиты трубопроводов большой протяженности от волновых процессов, создание на их базе практических устройств и их внедрение являются актуальной проблемой.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для изучения и предсказания поведения физической системы, а также для получения количественной оценки параметров, характеризующих процессы,

протекающие в системе, используется математическое моделирование.

Объектом данного исследования является предохранительный клапан пропорционального действия. Основной целью является разработка математической модели предохранительного клапана непрямого действия с использованием безразмерных переменных.

Введение безразмерных переменных при численном моделировании позволяет упростить процессы обработки, обобщения и анализа информации о параметрах и характеристиках предохранительного клапана, что значительно сократит время тестирования математических моделей.

3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО КЛАПАНА НЕПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ В БЕЗРАЗМЕРНЫХ КОМПЛЕКСАХ

Предохранительный клапан, как систему автоматического регулирования давления, можно отнести к устройству с принципом регулирования по отклонению, поддерживающим постоянное избыточное давление «до себя» [2].

Расчетная схема предохранительного клапана непрямого действия представлена на рис. 1

Приведенная далее методика расчета оправдывается при следующих основных допущениях:

- динамический процесс происходит в окрестностях установившегося движения привода при среднем положении поршня в клапане;
- модуль объемной упругости жидкости и коэффициент вязкости, а также коэффициент расхода клапана, жесткость пружины – величины постоянные;
- сухое трение в клапанах мало и им можно пренебречь;
- потери жидкости и газа малы и ими можно пренебречь;
- температура рабочей жидкости в течение рассматриваемого динамического процесса не изменяется.

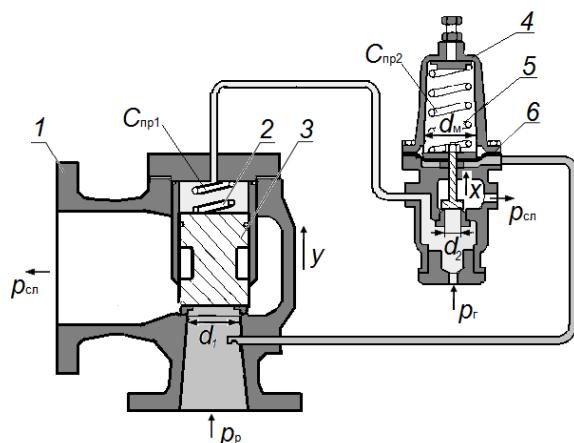


Рис 1. Расчетная схема предохранительного клапана непрямого действия:

- 1 – главный клапан; 2 – пружина главного клапана; 3 – поршень главного клапана;
4 – пилот; 5 – пружина пилота; 6 – сенсорная мембрана пилота

Математическая модель включает следующие уравнения [3]:

- уравнение баланса расхода рабочей среды в системе:

$$Q_p - Q_{\text{потр}} = Q_{\text{сж}} + Q_{\text{кл}} + Q_{\text{упр}} + Q_m \quad (1)$$

В этом уравнении Q_p – расход рабочей среды, поступающей от источника питания;

$Q_{\text{потр}}$ – расход рабочей среды, подводимый к потребителю;

$Q_{\text{сж}}$ – расход, вызванный сжимаемостью жидкости:

$$Q_{\text{СЖ}} = \frac{W_0}{E_{\text{ж}}} \frac{dp_{\text{P}}(t)}{dt}, \quad (2)$$

$Q_{\text{кл}}$ – расход рабочей среды, пропускаемой главным клапаном на слив:

$$Q_{\text{кл}} = \mu_1 A_1 y(t) \sqrt{\frac{2}{\rho_{\text{ж}}} (p_{\text{P}}(t) - p_{\text{сл}})}, \quad (3)$$

$Q_{\text{УПР}}$ – расход, обеспечивающий управление главным клапаном:

$$Q_{\text{УПР}} = A_1 \frac{dy(t)}{dt}, \quad (4)$$

Q_{M} – расход, обеспечивающий управление мембраной:

$$Q_{\text{M}} = A_{\text{M}} \frac{dx(t)}{dt}, \quad (5)$$

где W_0 – объем жидкости в полости главного клапана; $E_{\text{ж}}$ – приведенный модуль упругости рабочей среды; $p_{\text{P}}(t)$ – давление рабочей среды; μ_1 – коэффициент расхода главного клапана; A_1 – площадь контакта поршня главного клапана с рабочей средой; $y(t)$ – перемещение поршня главного клапана; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность рабочей среды; $p_{\text{сл}}$ – давление слива; A_{M} – площадь контакта сенсорной мембранны пилота с рабочей средой; $x(t)$ – перемещение поршня пилота.

После подстановки расходов согласно соотношениям (2 – 5) баланс расходов (1) и некоторых преобразований получим уравнение для определения градиента давления в полости главного клапана примет вид:

$$\frac{dp_{\text{P}}}{dt} = \frac{E_{\text{ж}}}{W_0} \left[Q_{\text{P}} - Q_{\text{ПОТР}} - \mu_{\text{кл}} A_1 y(t) \sqrt{\frac{2}{\rho_{\text{ж}}} \cdot \sqrt{(p_{\text{P}}(t) - p_{\text{сл}})}} - A_1 \frac{dy(t)}{dt} - A_{\text{M}} \frac{dx(t)}{dt} \right]. \quad (6)$$

- дифференциальное уравнение движения поршня главного клапана с учетом приложенных к нему сил может быть записано следующим образом:

$$m_1 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} = A_1 p_{\text{P}}(t) - b_1 \frac{dy(t)}{dt} - C_{\text{ПР1}}(y_0 + y(t)) - F_{\text{TP1}} \cdot \text{sign}\left(\frac{dy(t)}{dt}\right) - A_{\Gamma} p_{\Gamma}(t), \quad (7)$$

где m_1 – масса поршня главного клапана; b_1 – коэффициент вязкого трения поршня главного клапана; $C_{\text{ПР1}}$ – жесткость пружины главного клапана; y_0 – начальное положение поршня главного клапана; F_{TP1} – сила сухого трения в главном клапане; A_{Γ} – площадь контакта поршня главного клапана с газом, $p_{\Gamma}(t)$ – давление в газовой полости.

- дифференциальное уравнение движения поршня пилота:

$$m_2 \frac{d^2 x(t)}{dt^2} = A_{\text{M}} p_{\text{P}}(t) - b_2 \frac{dx(t)}{dt} - C_{\text{ПР2}}(x_0 + x(t)) - F_{\text{TP2}} \cdot \text{sign}\left(\frac{dx(t)}{dt}\right) + A_2 p_{\Gamma}(t), \quad (8)$$

где m_2 – масса поршня пилота; b_2 – коэффициент вязкого трения поршня пилота; $C_{\text{ПР2}}$ – жесткость пружины пилота; x_0 – начальное положение поршня пилота; F_{TP2} – сила сухого трения в пилоте, A_2 – площадь контакта поршня пилота с газом.

- уравнение баланса расхода газа в системе:

$$Q_0 = Q_{\text{СЖ.Г}} + Q_{\text{СЛ.Г}} + Q_{\text{УПР.П}} + Q_{\text{УПР.Г}}. \quad (9)$$

В этом уравнении Q_0 – расход газа, поступающего от аккумулятора пилот, $Q_{\text{СЖ.Г}}$ – расход, вызванный сжимаемостью жидкости:

$$Q_{\text{СЖ.Г}} = \frac{W_{0\Gamma}}{E_{\Gamma}} \frac{dp_{\Gamma}(t)}{dt}, \quad (10)$$

$Q_{\text{СЛ.Г}}$ – расход газа, пропускаемый пилотом на слив:

$$Q_{\text{СЛ.Г}} = \frac{\mu_2 A_2 x(t) p_\Gamma(t)}{\rho_\Gamma} \sqrt{\frac{k}{RT_0} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}, \quad (11)$$

$Q_{\text{УПР.П}}$ – расход, обеспечивающий управление пилотом:

$$Q_{\text{УПР.П}} = A_2 \frac{dx(t)}{dt}, \quad (12)$$

$Q_{\text{УПР.Г}}$ – расход, в куполе главного клапана:

$$Q_{\text{УПР.Г}} = A_\Gamma \frac{dy(t)}{dt}, \quad (13)$$

где $W_{0\Gamma}$ – объем газа в полости пилота; E_Γ – приведенный модуль упругости газа; μ_2 – коэффициент расхода пилота; ρ_Γ – плотность газа; k – коэффициент Пуассона; R – удельная газовая постоянная; T_0 – температура газа.

После подстановки расходов согласно соотношениям (10 – 13) в уравнение (9) и некоторых преобразований получим уравнение для определения градиента давления в полостях пилота:

$$\frac{dp_r(t)}{dt} = \frac{E_\Gamma}{W_{0\Gamma}} \left[Q_0 - \frac{\mu_2 A_2 x(t) \sigma p_r(t)}{\rho_\Gamma} \sqrt{\frac{k}{RT_0}} - A_2 \frac{dx(t)}{dt} + A_\Gamma \frac{dy(t)}{dt} \right]. \quad (14)$$

Переход к уравнениям с использованием безразмерных переменных осуществляется путем введения равенств (16–19) и делением всего уравнения на слагаемое для их получения в правой части:

$$\bar{y} = \frac{y(t)}{y_{\max}}, \quad (15)$$

где \bar{y} – перемещение поршня главного клапана (безразмерная величина); y_{\max} – максимальное перемещение поршня главного клапана.

$$\bar{x} = \frac{x(t)}{x_{\max}}, \quad (16)$$

где \bar{x} – перемещение поршня пилота (безразмерная величина); x_{\max} – максимальное перемещение поршня пилота.

$$\bar{p}_p = \frac{p_p(t)}{p_{p\max}}, \quad (17)$$

где \bar{p}_p – давление рабочей среды (безразмерная величина); $p_{p\max}$ – максимальное давление рабочей среды;

$$\bar{p}_\Gamma = \frac{p_\Gamma(t)}{p_{\Gamma\max}}, \quad (18)$$

где \bar{p}_Γ – давление газа (безразмерная величина); $p_{\Gamma\max}$ – максимальное давление газа;

После подстановки равенств (16 – 18) математическая модель предохранительного клапана пропорционального действия примет следующий вид:

- уравнение для определения градиента давления в полости главного клапана:

$$\frac{d^2 \bar{p}_p}{dt} = \frac{1}{T_{V1}} \left[1 - K_{Q\text{ПОТР}} - \bar{y} \sqrt{\bar{p}_p - \bar{p}_{\text{СЛ}}} - T_{\text{КЛ}} \frac{d\bar{y}}{dt} - T_{\text{М}} \frac{d\bar{x}}{dt} \right], \quad (19)$$

где $T_{V1} = \frac{W_0 p_{p\max}}{E_{\mathbb{K}} Q_p}$ – постоянная времени наполнения трубопровода рабочей средой,

$K_{Q\text{потр}} = \frac{Q_{\text{потр}}}{Q_p}$ – коэффициент потребного расхода; $T_{\text{кл}} = \frac{A_1 y_{\max}}{Q_p}$ – постоянная времени главного клапана; $T_M = \frac{A_M x_{\max}}{Q_p}$ – постоянная времени мембранны.

- дифференциальное уравнение движения поршня главного клапана:

$$T_{m1}^2 \frac{d^2 \bar{y}}{dt^2} = K_{P1} \bar{p}_p - 2\xi_1 T_{m1} \frac{d\bar{y}}{dt} - (\bar{y}_0 + \bar{y}) - K_{F1} \cdot \text{sign}\left(\frac{d\bar{y}}{dt}\right) - K_{\Gamma1} \bar{p}_{\Gamma}, \quad (20)$$

где $T_{m1} = \sqrt{\frac{m_1}{c_{\text{пп1}}}}$ – период собственных колебаний поршня главного клапана, $K_{P1} = \frac{A_1 p_{p\max}}{c_{\text{пп1}} y_{\max}}$ – коэффициент, учитывающий площадь контакта поршня главного клапана с рабочей средой; $\xi_1 = \frac{b_1}{2\sqrt{m_1 c_{\text{пп1}}}}$ – коэффициент затухания колебаний поршня главного клапана;

$K_{F1} = \frac{F_{\text{TP1}}}{c_{\text{пп1}} y_{\max}}$ – коэффициент, учитывающий силу сухого трения в главном клапане;

$K_{\Gamma1} = \frac{A_{\Gamma} p_{\Gamma\max}}{c_{\text{пп1}} y_{\max}}$ – коэффициент, учитывающий площадь контакта поршня главного клапана с газом.

- дифференциальное уравнение движения поршня пилота:

$$T_{m2}^2 \frac{d^2 \bar{x}}{dt^2} = K_{P2} \bar{p}_p - 2\xi_2 T_{m2} \frac{d\bar{x}}{dt} - (\bar{x}_0 + \bar{x}) - K_{F2} \cdot \text{sign}\left(\frac{d\bar{x}}{dt}\right) - K_{\Gamma2} \bar{p}_{\Gamma} \quad (21)$$

где $T_{m2} = \sqrt{\frac{m_2}{c_{\text{пп2}}}}$ – период собственных колебаний поршня пилота, $K_{P2} = \frac{A_M p_{p\max}}{c_{\text{пп2}} x_{\max}}$ – коэффициент, учитывающий площадь контакта сенсорной мембранны пилота с рабочей средой; $\xi_2 = \frac{b_2}{2\sqrt{m_2 c_{\text{пп2}}}}$ – коэффициент затухания колебаний поршня пилота;

$K_{F2} = \frac{F_{\text{TP2}}}{c_{\text{пп2}} x_{\max}}$ – коэффициент, учитывающий силу сухого трения в пилоте;

$K_{\Gamma2} = \frac{A_2 p_{\Gamma\max}}{c_{\text{пп2}} x_{\max}}$ – коэффициент, учитывающий площадь контакта поршня пилота с газом.

- уравнение для определения градиента давления в полости пилота:

$$\frac{d^2 \bar{p}_{\Gamma}}{dt^2} = \frac{1}{T_{V2}} \left[1 - \bar{x} \bar{p}_{\Gamma} - T_{\Pi} \frac{d\bar{x}}{dt} - T_{\text{кл.Г}} \frac{d\bar{y}}{dt} \right], \quad (22)$$

где $T_{V2} = \frac{W_{0\Gamma} p_{\Gamma\max}}{E_{\Gamma} Q_0}$ – постоянная времени наполнения трубопровода рабочей средой,

$T_{\Pi} = \frac{A_2 x_{\max}}{Q_0}$ – постоянная времени пилота; $T_{\text{кл.Г}} = \frac{A_{\Gamma} y_{\max}}{Q_0}$ – постоянная времени главного клапана.

Полученная математическая модель предохранительного клапана, описываемая уравнениями (19–22), аналогична исходной модели, но расчет переходных процессов осуществляется с меньшими временными затратами, а выделение безразмерных переменных в математической модели упрощает выявление факторов, оказывающих влияние на качество переходных процессов.

Применение указанных выше обобщенных переменных обладает рядом преимуществ:

- сократилось число аргументов, а их значения стали изменяться в диапазоне от нуля до единицы, благодаря чему упрощается численное решение уравнений;
- повысилась информативность результатов, так как влияние отдельных факторов проявляется не порознь, а в совокупности;
- каждому значению обобщённых переменных соответствует бесконечное множество совокупностей переменных, объединённых некоторой общностью свойств;
- появилась возможность в результате вычислительного эксперимента построить обобщённые характеристики системы, с помощью которых можно более эффективно определить диапазон значений параметров, обеспечивающих устойчивость и необходимое быстродействие работы системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненный анализ теоретических и экспериментальных работ показал, что теория переходных процессов применительно к магистральным трубопроводам достаточно развита, но остается ряд проблем, связанных с выбором схемы защиты и с моделированием современных систем защиты от гидравлического удара.

Представленные уравнения математической модели предохранительного клапана пропорционального действия с использованием безразмерных переменных позволяют рассчитать динамические характеристики системы и оптимизировать в процессе отладки модели ряд конструктивных и технических параметров элементов и систем в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев Г. Г., Коробков Г. Е. Трубопроводный транспорт нефти. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. - 407 с.
2. Гуревич Д.Ф., Заринский О.Н. и др. Трубопроводная арматура с автоматическим управлением. машиностроительных вузов. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982.- 320 с.
3. Исмагилова Д.Ф., Исмагилова Р.Ф. Модель клапана гашения гидравлического удара // Актуальные проблемы науки и техники. Том 2. Машиностроение, электроника, приборостроение. Сборник трудов седьмой Всероссийской зимней школы семинара аспирантов и молодых. – Уфа: УГАТУ, 2012 С. 221–224.

ОБ АВТОРАХ



Исмагилова Дина Фатыховна, магистрант каф. прикладной гидромеханики УГАТУ. Дипл. бакалавра по гидравлической, вакуумной и компрессорной технике (УГАТУ, 2011). Готовит магистер. дис. в обл. проектирования системы защиты от гидравлического удара.

e-mail: ismagilovadina@gmail.com



Исмагилова Регина Фатыховна, магистрант той же каф. Дипл. бакалавра по гидравлической, вакуумной и компрессорной технике (УГАТУ, 2011). Готовит магистер. дис. в обл. проектирования электропневматической системы автоматического управления бонового заграждения.

e-mail: ismagilowaregina@gmail.com



Целищев Владимир Александрович, проф. той же каф. Дипл. инж.-мех. по гидравл. машинам (УГАТУ, 1982). Д-р техн. наук по тепловым двигателям (УГАТУ, 2000). Иссл. в обл. систем автоматики ЛА и двигательных установок, систем транспорта нефти и газа

e-mail: pgl.ugatu@mail.ru

УДК 621.317

АНТИРЕЗОНАНСНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Рогинская Л. Э., Гусаков Д. В.

Электромагнитные трансформаторы напряжения, являясь одним из важнейших элементов электроэнергетических систем, часто подвергаются различного рода повреждениям. Основной причиной этого являются феррорезонансные процессы, приводящие к перегреву и повреждению обмоток трансформаторов напряжения ввиду их малой мощности. С целью защиты от этого явления были разработаны антирезонансные трансформаторы напряжения. Антирезонансным называют электромагнитный заземляемый ТН, устойчиво работающий при наличии в сети непрекращающихся феррорезонансных явлений и не вызывающий их. Феррорезонанс – процесс обмена энергией между емкостью и нелинейной индуктивностью – часто становится причиной повреждения стандартных трансформаторов напряжения (ТН). Для уменьшения ущерба от феррорезонанса выпускаются разнообразные антирезонансные ТН, но не все они удовлетворяют требованиям эксплуатации.

Практика эксплуатации трансформаторов напряжения (ТН) электромагнитного типа в электрических сетях разного назначения и различного напряжения показала, что в процессе эксплуатации этих сетей могут возникать ситуации, приводящие к феррорезонансным явлениям в эквивалентных контурах, содержащих емкость электрооборудования сети и нелинейную индуктивность намагничивания ТН. При этом на изоляции электрооборудования могут возникать как перенапряжения на высших гармонических, так и повышенные значения токов в обмотке ВН ТН при возбуждении субгармонических колебаний.

В электрических сетях 6–24 кВ, эксплуатируемых с изолированной нейтралью, такие условия могут возникнуть чаще всего при однофазных замыканиях на землю. В электрических сетях с глухим заземлением нейтрали – в разного рода коммутациях и неполнофазных режимах, в которых питание ТН осуществляется от источника с внутренним емкостным сопротивлением (коммутации ошиновок многоразрывными выключателями, оснащенными емкостными делителями напряжения, неполнофазные

коммутации в электрических сетях, в которых роль внутреннего емкостного сопротивления играет междуфазная или межцепная емкости). Очевидно, что условия феррорезонанса соблюдаются при определенном соотношении емкостного входного сопротивления и характеристики намагничивания ТН, зависящей от конструкции его магнитопровода на той или иной частоте.

В случае сетей, эксплуатируемых в режиме изолированной нейтрали, наиболее естественным путем является создание антирезонансных ТН. Описание конструкции таких трансформаторов дано, например, в [1].

Для обеспечения антирезонансных свойств у ТН 6–10–35 кВ применяются несколько способов:

- добавление в схему активных гасительных сопротивлений;
- повышение потокосцепления насыщения путем снижения номинальной индукции;
- изменение схемы соединения обмоток трехфазных ТН и т.д.

Эти способы имеют разную эффективность, и выбор конкретного способа зависит от разработчика.

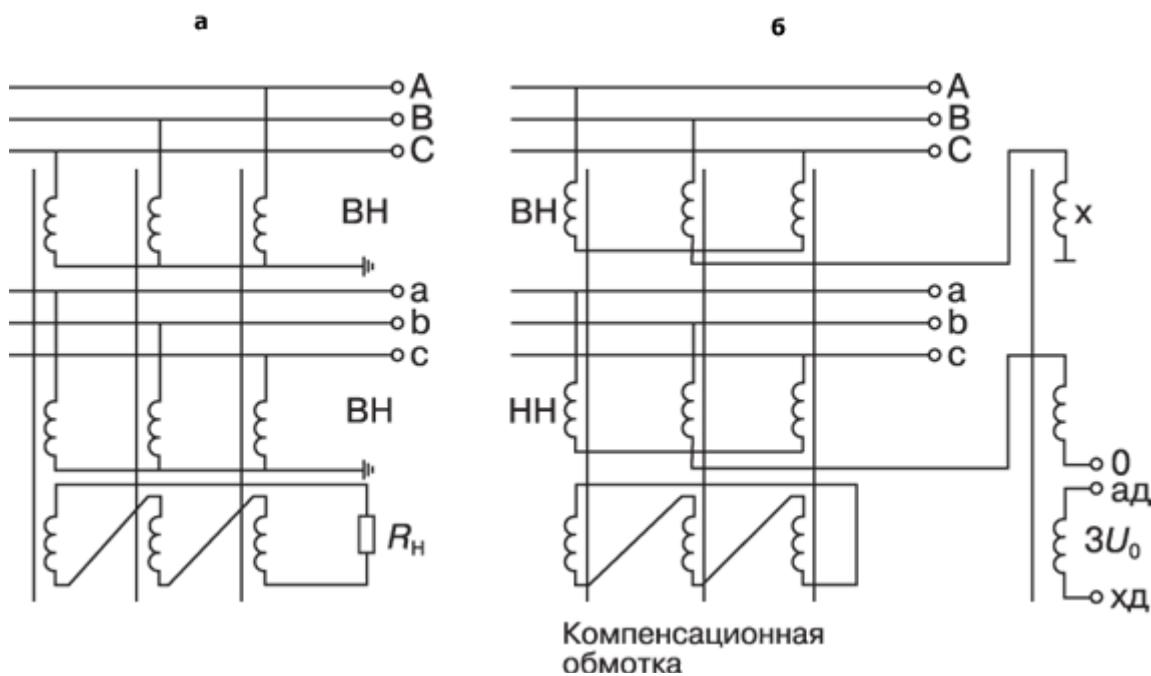


Рис. 1. Принципиальные схемы ТН-6(10) кВ типа НТМИ (а) и НАМИ (б)

Принципиальные схемы ТН типа НТМИ-10 и НАМИ-6, предназначенных для эксплуатации в сетях с изолированной нейтралью, приведены на рис. 1. Принципиальная схема ТН типа НТМИ-10 с гасительным сопротивлением представлена на рисунке 1, а. Антирезонансный ТН типа НАМИ (рис. 1, б) представляет собой, в сущности, два трансформатора (трехфазный и однофазный), расположенные в одном корпусе. Однофазный трансформатор обладает почти линейной кривой намагничивания и большим индуктивным сопротивлением. Антирезонансные свойства НАМИ в основном обеспечиваются компенсационной обмоткой, соединенной в треугольник и замкнутой накоротко. Это и обеспечивает фильтрацию высших гармоник, кратных трем.

Опасные феррорезонансные колебания чаще наблюдаются в электрических сетях, имеющих небольшую протяженность, из-за относительно небольшой емкости этих сетей и соответственно большей вероятности возникновения феррорезонансных условий в контурах, содержащих емкости сети и индуктивности намагничивания фаз ТН.

К таким сетям прежде всего следует отнести распределительные сети, состоящие в

основном из воздушных линий (погонная емкость КЛ 6(10) кВ в десятки раз превышает погонную емкость ВЛ этих же классов напряжения). Опасные феррорезонансные колебания могут также наблюдаться в электрических сетях генераторного напряжения блоков электрических станций, и, кроме того, в сетях их собственных нужд, в электрических сетях 6(10) кВ насосных и компрессорных станций магистральных нефте- и газопроводов. В этих сетях вращающиеся электрические машины (генераторы или двигатели) присоединены к повышающим силовым трансформаторам с помощью кабелей относительно небольшой длины, т.е. обладающих сравнительно небольшой емкостью.

Следует отметить, что емкость экранированных токопроводов, применяющихся на генераторном напряжении в мощных блоках, существенно меньше емкости соответствующих кабельных присоединений. Допустимые токи (эффективные значения) в обмотке ВН ТН 6(10) кВ составляют 0,2–0,3 А. Расчеты при ОДЗ в распределительной сети 6 кВ показали, что условия существования феррорезонанса при оснащении сети ТН типа НТМИ соблюдаются при величине емкости, не превышающей примерно 3 мкФ [1]. Такая емкость отвечает протяженности воздушной сети менее 240 км, а кабельной сети – менее 3 км. В случае же оснащения сети ТН типа НАМИ, устойчивого феррорезонанса не наблюдалось при любой протяженности сети (при проведении расчетов индуктивность намагничивания однофазного трансформатора принималась равной 20–30 Гн). [1]

Аналогичные результаты были получены при исследовании процессов, сопровождающих ОДЗ на одной из секций сети собственных нужд 6 кВ ТЭЦ. На рис. 2 приведены компьютерные осциллограммы токов в обмотке ВН ТН при установке на секции ТН типа НТМИ (а) и НАМИ (б). Из этих осциллограмм следует, что при установке на секции ТН типа НТМИ наблюдается установившийся феррорезонанс, причем токи в обмотке ВН ТН превышают допустимый уровень. При установке же ТН типа НАМИ условия существования феррорезонанса нарушаются за счет того, что компенсационная обмотка шунтирует нелинейную индуктивность ТН в контуре нулевой последовательности. Эквивалентная схема нулевой последовательности сети с изолированной нейтралью и ТН типа НАМИ приведена на рис. 3.

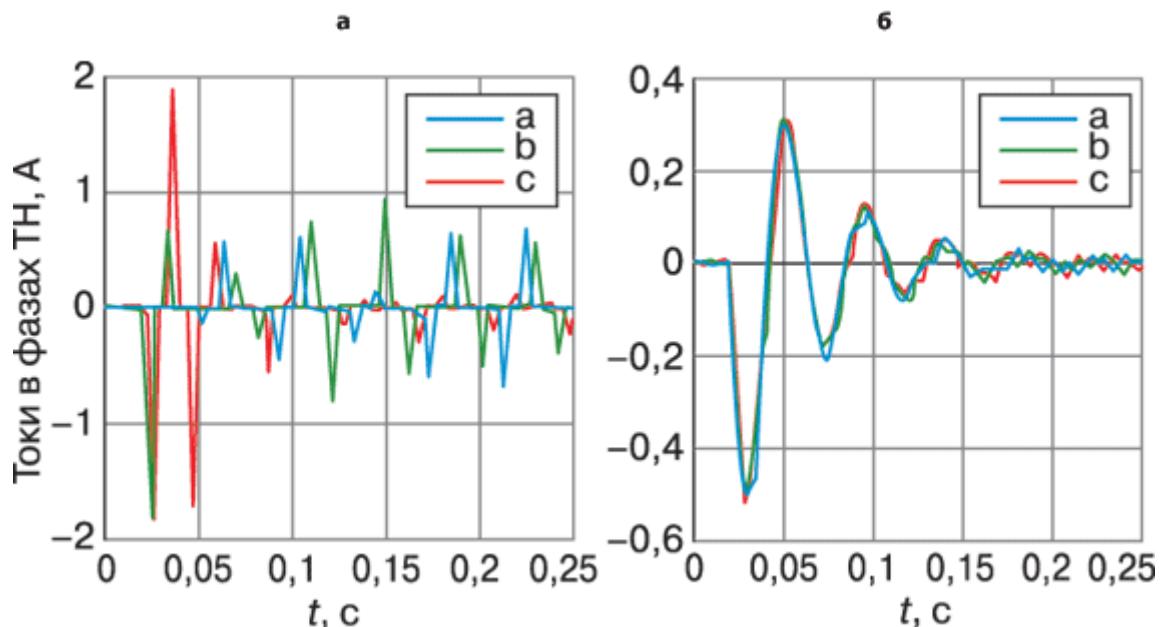


Рис. 2. Токи в фазах обмотки ВН ТН при ОДЗ на секции ССН ТЭЦ ($3\text{C}\phi = 3 \text{ мкФ}$) типа НТМИ (а) и НАМИ (б)

Из рис. 3 видно, что нелинейная индуктивность шунтируется компенсационной обмоткой, которая обладает малым активным сопротивлением и индуктивностью. При появлении на емкости напряжения нулевой последовательности (при ОДЗ) емкость

разряжается через компенсационную обмотку. При этом в фазах ТН возникает характерный затухающий колебательный процесс (рис. 2, б). Токи в фазах ТН практически одинаковые, так как на токи намагничивания ТН накладывается большой ток нулевой последовательности. Увеличение числа ТН типа НАМИ приведет к увеличению мощности шунта намагничивания нулевой последовательности, но также уменьшится и эквивалентное сопротивление компенсационной обмотки. Таким образом, возникновение феррорезонанса в ТН типа НАМИ полностью исключается даже при параллельной работе нескольких ТН.

Установка ТН типа НАМИ эффективна и в электрических сетях генераторного напряжения. Однако по условиям пожаробезопасности этих сетей (например, сетей АЭС) в них применяются ТН с литой изоляцией типа ЗНОЛ, тогда как в ТН типа НАМИ в качестве изоляционной среды используется трансформаторное масло.

Необходимо отметить, что альтернативным решением для исключения опасных феррорезонансных колебаний в сетях 6–35 кВ является оснащение нейтрали сети высокоомным резистором. Следует, однако, учесть, что применение этой меры в ССН электрических станций, питаемых от трансформаторов СН, с обмотками низшего напряжения, соединенными в треугольник, требует установки на шинах секции специального устройства трансформаторного типа для выделения нейтрали, например ФМЗО (фильтр присоединения нулевой последовательности). Токи в обмотке ВН ТН типа НТМИ при ОДЗ на шинах секции той же ТЭЦ, для которой были приведены осциллограммы рис. 2, при установке ФМЗО, оснащенного высокоомным резистором в нейтрали (750–1000 Ом), приведены на рис. 4.

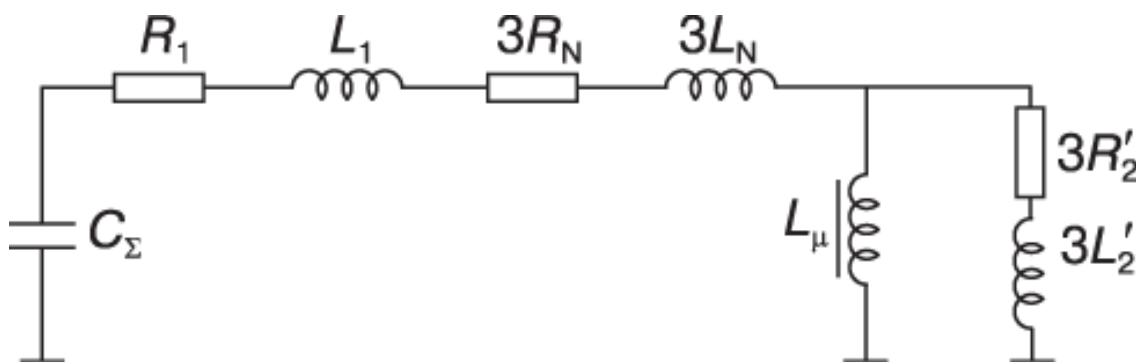


Рис. 3. Эквивалентная схема нулевой последовательности сети с изолированной нейтралью и ТН типа НАМИ

CS – суммарная емкость сети;

R1, L1 – активное сопротивление и индуктивность рассеивания обмотки ВН ТН;

RN, LN – активное сопротивление и индуктивность дополнительного трансформатора в нейтрали;

R'2, L'2 – приведенные активное сопротивление и индуктивность компенсационной обмотки;

Lm – нелинейная индуктивность шунта намагничивания нулевой последовательности.

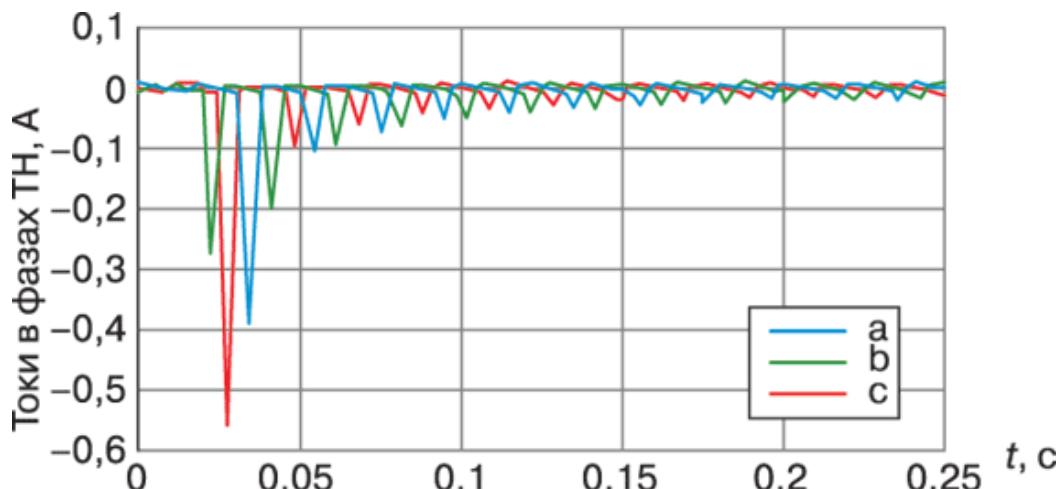


Рис. 4. Токи в фазах обмотки ВН ТН типа НТМИ при ОДЗ на секции ССН ТЭЦ, нейтраль которой оснащена высокоомным резистором

Оснащение сетей резисторами в нейтралях позволяет осуществить чувствительную и селективную защиту от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ), реагирующую на активный ток нулевой последовательности, протекающий по поврежденному присоединению (фидеру). Следует помнить, что ток ОЗЗ при этом увеличивается, что необходимо учитывать при оценке тепловой стойкости оборудования в случае отказа релейной защиты, действующей на отключение поврежденного присоединения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кадомская К.П., Лаптев О.И. Антирезонансные трансформаторы напряжения. Эффективность применения // Новости ЭлектроТехники. 2006. № 6(42).
2. ГОСТ 1989-2001. Трансформаторы напряжения. Общие технические условия: п. 6.6.
3. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. Учебник. 10-е изд. М.: Гардарики, 2002. 638 с.
4. Зиновьев Г. С. Основы силовой электроники: Учебник. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999. Ч.1. – 199 с.

ОБ АВТОРАХ

Гусаков Денис Валерьевич, аспирант каф. электромеханики УГАПТУ, дипл. инж. по электроэнергетическим системам и сетям (УГАПТУ, 2011). Исследования в области полупроводниковых преобразователей и их влияние на сеть и нагрузку

e-mail: gusakov.den@mail.ru

Рогинская Любовь Эммануиловна, проф. каф. электромеханики, дипл. инж. по электромеханики (НГТУ, 1959). Д-р техн. наук по специальности 05.09.12 – Силовая электроника. Исследования в области магнитных полупроводниковых преобразователей частоты для электротехнологии.

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ В СИСТЕМЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ DVIGWP МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ МАССЫ ГТД НА ЭТАПЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Ахмедзянов Д. А., Михайлов А. Е., Нигматуллин Р. Р.

Проектирование авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) и наземных газотурбинных энергетических установок (ГТЭУ), а также их основных узлов и систем базируется на новейших достижениях в области газовой динамики, горения и теплообмена, конструкционной прочности, теории интегрального управления и диагностики, материаловедения и технологии машиностроения. Создание перспективных авиационных ГТД основывается на широком применении компьютерного многодисциплинарного моделирования, физической модельной экспериментальной отработке передовых технических решений, а также натурных полноразмерных экспериментальных исследованиях элементов, узлов и двигателя в целом.

Концептуальное проектирование авиационных ГТД – небольшой по продолжительности, но чрезвычайно важный по принимаемым решениям период жизненного цикла двигателя. На этапе концептуального проектирования ведется поиск типа, структуры и основных режимно-конструкторских параметров проектируемого двигателя исключительно на основе особенностей и целевых признаков надсистемы, в которой он будет использоваться. Надсистемой в данном случае является ЛА, в составе которого может использоваться газотурбинный двигатель. Выбор оптимального типа авиационного ГТД должен осуществляться с учетом целого ряда условий и критериев, что естественно усложняет процесс поиска. Чрезвычайно важной является задача автоматизации процесса выбора типа, структуры и основных режимно-конструкторских параметров вновь создаваемого ГТД уже на этапе концептуального проектирования [1].

Центральной задачей концептуального проектирования является формирование облика ГТД. При этом создаются необходимые предпосылки для достижения главных целей проектирования – получения необходимых термогазодинамических и конструктивных параметров, минимальной (рациональной) массы и стоимости жизненного цикла технического объекта.

В СИМ разработан новый структурный элемент «Интегральные характеристики», который позволяет проводить оценку массы, шума основных узлов и эмиссии вредных веществ на этапе структурно-параметрического синтеза, анализа и оптимизации авиационных ГТД.

Для прогнозирования сухой массы ГТД на ранних стадиях проектирования разработан ряд статистических обобщений. При сравнительном анализе и выборе методик расчета массы ГТД рассмотрены работы В. Г. Маслова, М. М. Цховребова, В. А. Григорьева, В. С. Кузьмичева, И. А. Кривошеева и др.

Рассмотренные [2-6] методы расчета массы двигателя на стадии проектирования базируются на статистическом учете данных о массе изделия, и не позволяют выявить влияние конструктивных особенностей ГТД на его массу.

В данной работе использована статистическая математическая модель, представленная в [5], развивающаяся в СГАУ им. С. П. Королева. Математическая модель может быть использована для оценки величины массы ТРДД(Ф), ТРД(Ф), ТВД, ТВВД, ТВад.

В обобщенном виде математическая модель массы ТРДД имеет следующий вид:

$$M_{\text{дв}} = (M_I + M_{II} + M_{\text{кcm}})k_c k_{\text{рес}}$$

Масса газогенератора внутреннего контура двигателя:

$$M_I = B \left(G_{B \text{ пр.вен}} \right)^{m_1} \left[\left(\frac{\pi_{K\Sigma}}{\pi_B} \right)^{0,286} - 1 \right]^{m_2} k_{T_r^*}.$$

где $G_{B \text{ пр.вен}}$ – расход воздуха на взлетном режиме через внутренний контур, приведенный по параметрам за вентилятором;

Масса турбовентилятора и обечайки наружного контура:

$$M_{II} = 2,865 \cdot G_{B \Sigma \text{взл}}^{0,903} \cdot m^{0,104} \cdot \pi_B^{1,193}.$$

Масса камеры смешения у ТРДДсм:

$$M_{KSM} = 2,316 \cdot G_{B \Sigma \text{взл}}^{0,753}.$$

Для оценки влияния года начала серийного производства на массу ГТД используется коэффициент k_c – коэффициент совершенствования массы. Характерная зависимость поправочного коэффициента от года начала серийного производства представлена на рис. 1.

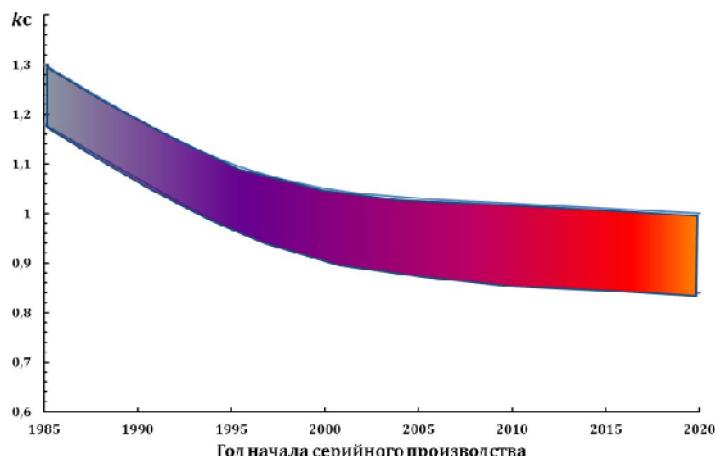


Рис. 1. Статистическая зависимость коэффициента совершенствования массы от года начала серийного производства

Значения статистических коэффициентов выбираются в зависимости от размерности двигателя. Типичные величины статистических коэффициентов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Степенные коэффициенты модели

Условие	Коэффициенты		
	B	m_1	m_2
$0,5 < G_{B \text{ пр.вен}} < 5 \text{ кг/с}$	20,9	0,8	0,5
$5 < G_{B \text{ пр.вен}} < 50 \text{ кг/с}$	15,2	1	0,5
$G_{B \text{ пр.вен}} > 50 \text{ кг/с}$	6,96	1,2	0,5

Изменение массы ГТД в зависимости от ресурса и назначения оценивается с помощью поправочного коэффициента k_{pec} . В модели используется поправочный коэффициент, учитывающий возрастание массы ГТД за счет изменения конструкции системы охлаждения турбины. Основным фактором, влияющим на сложность системы охлаждения турбины является полная температура газа на выходе из камеры сгорания.

$$k_{T_r^*} = 1 + 2 \cdot 10^{-4} (T_{r \max}^* - 1200).$$

В случае расчета массы ГТД с форсажной камерой, используется интегральная модель оценки массы форсажной камеры (вместе с камерой смешения в случае ТРДДФ):

$$M_{\phi K} = 2,9 G_{B \Sigma \text{взл}}.$$

Масса ТРД либо ТВад может быть определена по упрощенной методике:

$$M_{\text{дв}} = B \cdot G_{\text{в взл}}^{m_1} [\pi_{\text{к взл}}^{0,286} - 1]^{m_2} k_{T_r^*} k_c k_{\text{рес.}}$$

Все необходимые статистические коэффициенты могут быть найдены в [6]. В случае расчеты массы ТВад величины статистических коэффициентов зависят от наличия в структурной схеме редуктора. Масса ГТЭУ может быть определена по методике, аналогичной применяемой для оценки массы ТВад.

С использованием разработанного СЭ «Интегральные характеристики двигателя» проведена оценка массы более чем 30 газотурбинных двигателей различных типов и схем. Модель трехвального двухконтурного турбореактивного двигателя с раздельными соплами в системе DVIGwp с новым структурным элементом приведена на рис. 2. Результаты апробации и верификации методики представлены в табл. 2.

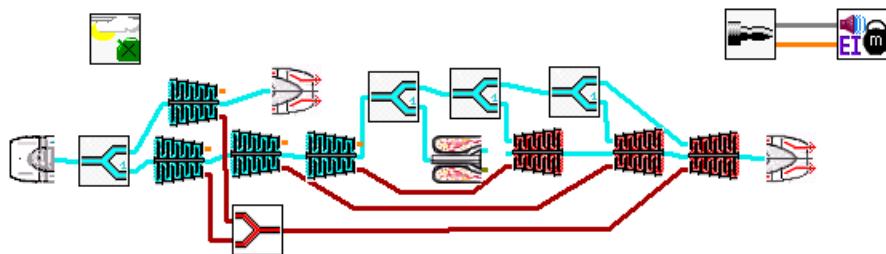


Рис. 2. Структурная схема трехвального ТРДД с раздельными соплами с новым структурным модулем «Интегральные характеристики двигателя»

Таблица 2

Верификация методики оценки массы ГТД

Наименование двигателя	Расчетная величина массы, кг	Проектная величина массы, кг
АИ-20	1363	1040
АИ-25	316,1	312
АЛ-55	362,1	355
Д-18Т	4510	4100
Д-27	1752	1650
Д30КУ-154	2300	2318
Д436	1646	1450
КР7-300	404,5	385
НК-12МВ	2696	2900
НК-93	3172	3650
ПС-90	3034	2950
РД-33	1087	1055
ТА-6А	221,6	245
ТА-12	236,6	290
TB3-117	277,5	285
TB2-117	243,3	334
TB7-117	451,1	530
CFM-56	1815	2368
EJ200	1063	1038
F100-PW-100	1371	1378
F404	1015	1036
J402-CA-402	52,7	46
SaM-146	1809	1708

Следует отметить, что среднеквадратическая погрешность методики оценки массы ГТД для большинства примеров не превышает 15%. Это является признаком, свидетельствующим о возможности применения методики на этапе концептуального проектирования СУ для ЛА. Методика дает удовлетворительные результаты при расчете двигателей, имеющих большую номенклатуру: отечественные и зарубежные военные ТРДД с малой степенью двухконтурности ($m < 1$), гражданские ТРДД с умеренной степенью двухконтурности ($m < 6$), турбовальные ГТД для самолетов и вертолетов, турбовинтовые ГТД. Однако существует ряд двигателей, для которых погрешность может достигать значительных величин. В частности, необходимо уточнение методики оценки массы ТВВД и ТРДД с большой и сверхбольшой степенью двухконтурности, короткоресурсных ТРД и ТРДД, малогабаритных турбовальных ГТД для вспомогательных СУ. Также отдельного внимания заслуживает уточнение модели для расчета массы ГТЭУ. Возможно дальнейшее уточнение модели за счет расширения количества учитываемых факторов и дальнейшей дифференциации статистических коэффициентов для отдельных типов двигателей и энергетических установок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ахмедзянов А. М.** Проектирование авиационных газотурбинных двигателей : учебник / А. М. Ахмедзянов [и др.] ; под ред. А. М. Ахмедзянова .— М. : Машиностроение, 2000.— 454 с.
2. **Сосунов В. А.** Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: учеб. / под общей ред. В. А. Сосунова, В. М. Чепкина. М.: МАИ, 2003. 688 с.
3. **Арьков Ю. Г.** Методические указания по выбору основных параметров рабочего процесса авиационных ГТД с применением ЭВМ / Ю. Г. Арьков, И. А. Кривошеев, В. Н. Кружков, Л. Ф. Шайхинурова. Уфа: изд. УАИ, 1985. 33 с.
4. Термогазодинамические расчеты авиационных ГТД: Учебное пособие.—Уфа:/А.М. Ахмедзянов, В.П. Алаторцев, С.Е. Аксельрод и др. 1982 – 256 с.
5. **Григорьев В.А.** Выбор параметров и термогазодинамические расчеты авиационных газотурбинных двигателей: учеб. пособие/ В. А. Григорьев и др. Самара: Изд-во СГАУ, 2009. 202 с.
6. **Маслов, В.Г.** Теория и методы начальных этапов проектирования авиационных ГТД: учеб. пособие / В.Г. Маслов, В.С. Кузмичев, А.Н. Коварцев, В.А. Григорьев; под ред. В.Г. Маслова. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 1996. – 147 с.

ОБ АВТОРАХ



Ахмедзянов Дмитрий Альбертович, проф. каф. авиац. двигателей, зам. декана ФАД. Дипл. инж. по авиационным двигателям и энергетическим установкам (УГАТУ, 1997). Д-р техн. наук по тепловым, электроракетным двигателям и энергоустановкам ЛА (УГАТУ, 2007). Исследования в области рабочих процессов в авиационных ГТД на установившихся и неустановившихся режимах, разработка математических моделей сложных технических объектов

e-mail: ada@ugatu.ac.ru



Михайлов Алексей Евгеньевич, аспирант каф. авиац. двигателей, дипл инж. по авиационным двигателям и энергетическим установкам (УГАТУ, 2010). Исследования в области рабочих процессов ГТД на установившихся и неустановившихся режимах работы

e-mail: mikhailov.ugatu@gmail.com



Нигматуллин Руслан Радикович, магистрант каф. авиац. двигателей УГАТУ, дипл. бакалавра техники и технологии по специальности «Авиаракетостроение» (УГАТУ, 2012). Исследования в области рабочих процессов в авиационных ГТД

e-mail: ruslan240190@mail.ru

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

УДК 314.5 (470.57)

ЗАВИСИМОСТЬ ЧИСЛА КРАЖ ОТ РАЗЛИЧНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Мустафина Г.Р., Никульшина Л. М.

Одной из самых острых социальных проблем в стране является криминализация общества. Сложившаяся криминальная ситуация в России обусловлена влиянием множества факторов, связанных с социально-демографической, экономической, социально-психологической, культурными и иными сферами общественной жизни.

При отсутствии последовательной социальной ориентированности реформ, несвоевременности выплат заработной платы произошло увеличение численности безработных, падение жизненного уровня населения, резкая социально опасная дифференциация населения по доходам.

Целью данной работы является анализ зависимости числа зарегистрированных преступлений (краж) от различных социально-экономических факторов.

Математическая модель решаемой задачи может быть представлена следующим образом:

$$Y=a_1*X_1+a_2*X_2+a_3*X_3+a_4*X_4+a_5*X_5+a_6*X_6+a_0, \text{ где}$$

- Y – Число зарегистрированных преступлений (краж);
- X₁ – Средняя номинальная заработка (руб.);
- X₂ – Количество безработных (млн. чел.);
- X₃ – Миграционный прирост (чел.);
- X₄ – Просроченная задолженность по заработной плате (млн. руб.);
- X₅ – Стоимость минимального набора продуктов питания (за месяц), руб.;
- X₆ – Задолженность физических лиц по кредитам в рублях (млн. рублей);

Данные взяты за период 2009-2010 гг. [2].

Согласно статистике, более половины расследованных преступлений совершено лицами, не имеющими постоянного источника дохода. Наибольший всплеск преступной активности отмечается в то время, на которое приходятся наиболее высокие показатели уровня бедности и пики безработицы. Таким образом, прослеживается и тесная связь между ростом числа лиц, не имеющих постоянных источников дохода ,и ростом, так называемой, миграционной преступности [3].

Расчет и анализ модели проводился в статистическом пакете Eviews, который применяется для:

- анализа и оценки научной информации;
- финансового анализа;
- макроэкономического прогнозирования;
- моделирования;
- прогнозирования состояния рынков.

В результате первой расчетной итерации были получены данные, приведенные на рисунке 1.

Нестандартизованная регрессионная модель может быть записана в следующем виде:

$$Y=-1,618*X_1+4950,425*X_2+0,002*X_3+0,630*X_4+0,510*X_5-0,010*X_6+103252,419$$

Экономическое содержание параметров модели следующее:

- при увеличении средней номинальной заработной платы на 1 тыс. руб., число зарегистрированных преступлений уменьшается на 1,6184;

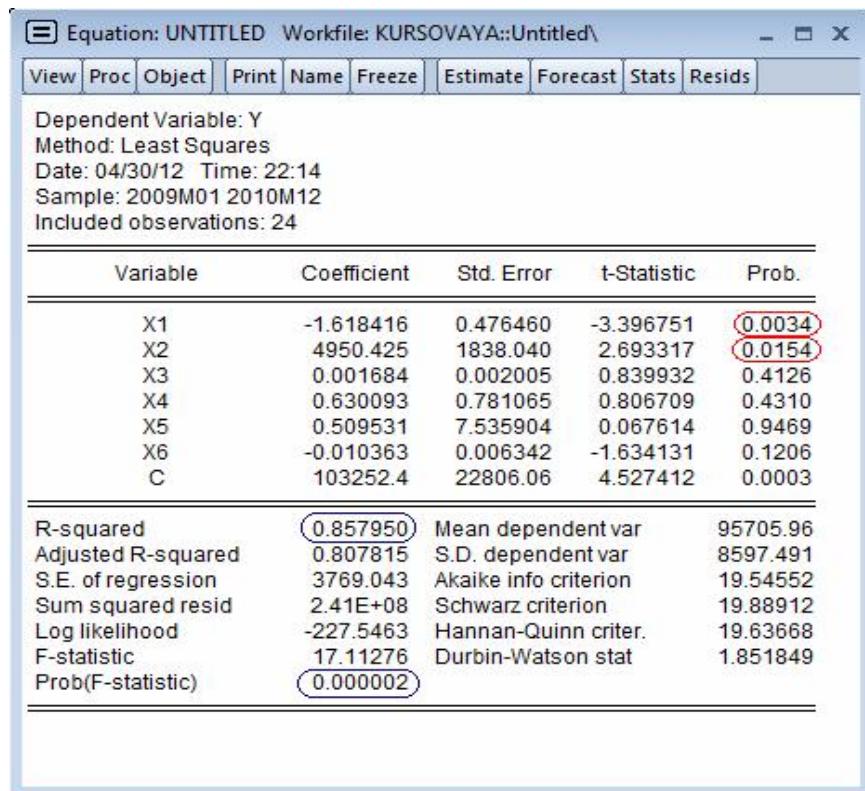


Рис. 1. Параметры уравнения регрессии

- при увеличении количества безработных на 1 млн. чел. число зарегистрированных преступлений увеличивается на 4950,4246;
- при увеличении миграционного прироста на 1 чел. число зарегистрированных преступлений увеличивается на 0,0017;
- при увеличении просроченной задолженности по заработной плате на 1 млн. руб. число зарегистрированных преступлений увеличивается на 0,6301
- при увеличении стоимости минимального набора продуктов питания на 1 руб. число зарегистрированных преступлений увеличивается на 0,5095;
- при увеличении задолженности физических лиц по кредитам на 1 млн. руб. число зарегистрированных преступлений уменьшается на 0,0104;
- при отсутствии перечисленных факторов число краж будет составлять 103252,419.

По данным рисунка 1 мы можем оценить качество полученной модели, а также значимость найденных оценок параметров регрессии.

Проверка адекватности модели с помощью критерия Фишера (*F-statistic*) показала, что модель адекватна опытным данным, так как вероятность для F-статистики $\text{Prob}(F\text{-statistic}) = 0.000002$ меньше α (Рис. 1.).

Коэффициент детерминации (*R - Squared*) модели, показывающий, какая часть зависимой переменной может быть объяснена с помощью независимых переменных, включенных в модель, составляет более 85%, то есть данная модель описывает зависимость краж от выбранных социально-экономических факторов достаточно хорошо [1].

Проверка значимости оценок параметров модели с помощью критерия Стьюдента показала, что значимыми являются только коэффициенты X1 и X2, так как вероятности их t-статистик меньше $\alpha=0,05$ (Рис. 1.).

Пакет Eviews предоставляет возможность получения стандартизованного уравнения

регрессии (Рис. 2.). По стандартизованному уравнению регрессии, которое будет иметь вид:

$$Y = -0,443 \cdot X_1 + 0,445 \cdot X_2 + 0,108 \cdot X_3 + 0,143 \cdot X_4 + 0,007 \cdot X_5 - 0,160 \cdot X_6,$$

можно сделать вывод, что наибольшее влияние на Y оказывают X1 (средняя номинальная заработная плата) и X2 (количество безработных), т.к. абсолютные значения коэффициентов при X1 и X2 наибольшие.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
(X1-20001.25)/2355.3...	-0.443382	0.130531	-3.396751	0.0034
(X2-6.054167)/0.7728...	0.445034	0.165237	2.693317	0.0154
(X3-1129747)/551316.7	0.108016	0.128601	0.839932	0.4126
(X4-5062.250)/1954.9...	0.143271	0.177599	0.806709	0.4310
(X5-2258.721)/114.94...	0.006812	0.100754	0.067614	0.9469
(X6-1099137)/132962.9	-0.160267	0.098075	-1.634131	0.1206
C	-2.14E-07	0.089486	-2.39E-06	1.0000
R-squared	0.857950	Mean dependent var	-1.94E-07	
Adjusted R-squared	0.807815	S.D. dependent var	1.000000	
S.E. of regression	0.438389	Akaike info criterion	1.427072	
Sum squared resid	3.267140	Schwarz criteron	1.770671	
Log likelihood	-10.12486	Hannan-Quinn criter.	1.518228	
F-statistic	17.11276	Durbin-Watson stat	1.851849	
Prob(F-statistic)	0.000002			

Рис. 2. Параметры стандартизированного уравнения регрессии

Важно отметить, что мы не можем полностью доверять полученным оценкам и принять нашу модель, так как при изучении экономических процессов с помощью множественной регрессии часто возникают случаи мультиколлинеарности - линейной связи между экзогенными переменными. Существование мультиколлинеарности определяется по наличию в таблице коэффициентов парной корреляции больших коэффициентов парной корреляции между независимыми факторами (Рис. 3.).

		Correlation						
		Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6
Y	1.000000	-0.766705	0.773635	0.672070	0.789600	0.167237	0.082034	
X1	-0.766705	1.000000	-0.448245	-0.621357	-0.568159	-0.246004	-0.164440	
X2	0.773635	-0.448245	1.000000	0.553083	0.792399	0.137797	0.276730	
X3	0.672070	-0.621357	0.553083	1.000000	0.574163	0.136412	0.254420	
X4	0.789600	-0.568159	0.792399	0.574163	1.000000	-0.032241	0.124952	
X5	0.167237	-0.246004	0.137797	0.136412	-0.032241	1.000000	0.125347	
X6	0.082034	-0.164440	0.276730	0.254420	0.124952	0.125347	1.000000	

Рис. 3. Таблица коэффициентов парной корреляции

Для устранения мультиколлинеарности воспользуемся методикой «пошаговый назад». Первоначально строится множественная регрессия на всем множестве факторов. При обнаружении мультиколлинеарности принимается решение исключить фактор,

имеющий наибольший коэффициент парной корреляции (Рис. 3.) и оказывающий наименьшее влияние на независимую переменную (проверка проводилась в пакете Statistica по коэффициентам частной корреляции – Рис. 4.).

Variable	Variables currently in the Equation; DV: Y (2)						
	Beta in	Partial Cor.	Semipart Cor.	Tolerance	R-square	t(17)	p-level
X1	-0,443382	-0,635847	-0,310498	0,490413	0,509587	-3,39675	0,003432
X2	0,445034	0,546885	0,246197	0,306040	0,693960	2,69332	0,015388
X3	0,108016	0,199614	0,076779	0,505246	0,494754	0,83993	0,412604
X4	0,143271	0,192015	0,073742	0,264917	0,735083	0,80671	0,430976
X5	0,006812	0,016397	0,006181	0,823118	0,176882	0,06761	0,946882
X6	-0,160267	-0,368452	-0,149376	0,868708	0,131292	-1,63413	0,120612

Рис. 4. Таблица коэффициентов частной корреляции

Из анализа таблиц коэффициентов парной и частной корреляций (Рис. 3, 4.) видна мультиколлинеарность между факторами X2 и X4, принимается решение удалить фактор X4 - просроченная задолженность по заработной плате.

После проведения двух аналогичных итераций и удаления из модели факторов X3-X6 (миграционный прирост, просроченная задолженность по заработной плате, стоимость минимального набора продуктов питания, задолженность физических лиц по кредитам) получены параметры конечной регрессионной модели (Рис.5).

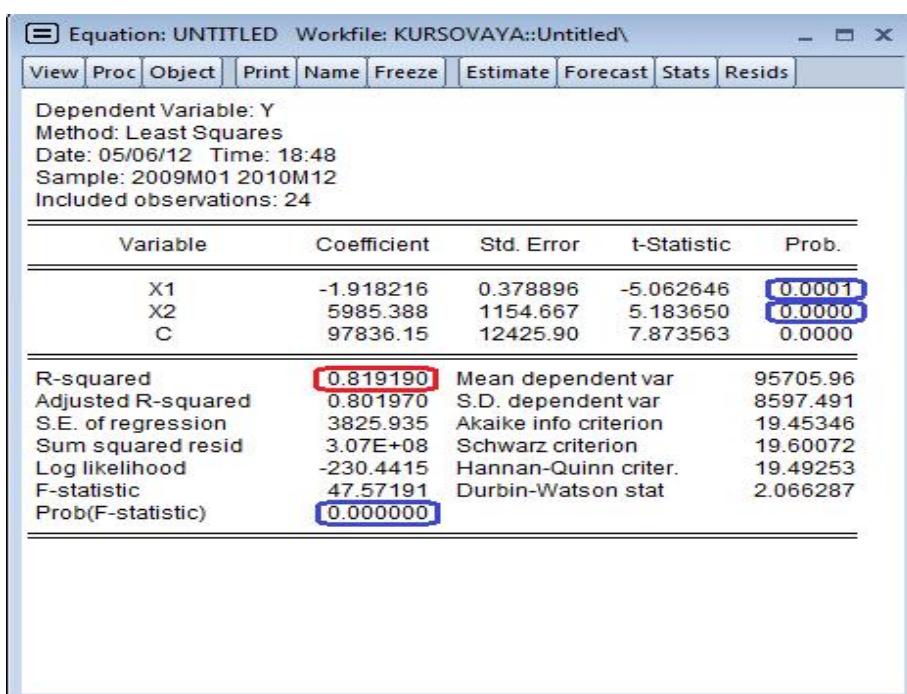


Рис. 5. Параметры уравнения регрессии конечной модели

Уравнение регрессии будет иметь следующий вид:

$$Y = -1.92 * X1 + 5985.39 * X2 + 97836.15$$

Оставшиеся в модели факторы значимы, а коэффициент детерминации окончательной модели более 80%, то есть данная модель описывает зависимость числа краж от выбранных социально-экономических факторов достаточно хорошо.

По уравнению регрессии можно сделать вывод, что:

- 1) при увеличении средней номинальной заработной платы на 1 тыс. руб. число зарегистрированных преступлений уменьшается на 1.9182 краж;
- 2) при увеличении количества безработных на 1 млн. чел. число зарегистрированных преступлений увеличивается на 5985.3885 краж.

Расчеты стандартизованного уравнения регрессии приведены на рисунке 6.

Equation: UNTITLED Workfile: KURSOVAYA::Untitled\				
View	Proc	Object	Print	Name
Dependent Variable:	(Y-95705.96)/8597.491			
Method:	Least Squares			
Date:	05/08/12 Time: 23:10			
Sample:	2009M01 2010M12			
Included observations:	24			
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
(X1-20001.25)/2355.3...	-0.525515	0.103803	-5.062646	0.0001
(X2-6.054167)/0.7728...	0.538076	0.103802	5.183650	0.0000
C	3.82E-08	0.090836	4.21E-07	1.0000
R-squared	0.819190	Mean dependent var	-1.94E-07	
Adjusted R-squared	0.801970	S.D. dependent var	1.000000	
S.E. of regression	0.445006	Akaike info criterion	1.335011	
Sum squared resid	4.158638	Schwarz criterion	1.482268	
Log likelihood	-13.02013	Hannan-Quinn criter.	1.374078	
F-statistic	47.57191	Durbin-Watson stat	2.066287	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Рис. 6. Параметры стандартизированного уравнения регрессии конечной модели

Стандартизованное уравнение регрессии будет иметь следующий вид:

$$Y' = -0.53 * X_1' + 0.54 * X_2'$$

Сравнение параметров модели позволяет отметить, что влияние обоих факторов на уровень преступности примерно одинаково, но влияние фактора X2 (количество безработных) больше на 1%.

Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод, что для снижения уровня краж, государству необходимо проводить грамотную политику занятости и политику в области заработной платы:

- содействовать трудоустройству незанятого населения и оказанию помощи в профессиональной подготовке и переподготовке;
- стимулировать образование гибкого рынка труда, создавать мотивацию труда;
- стимулировать повышение цены рабочей силы и роста заработной платы в зависимости от увеличения объема работ;
- способствовать сокращению резкой дифференциации в оплате труда между отраслями, регионами, группами и категориями работников;
- отслеживать своевременность оплаты за выполненную работу;
- повышать нормы минимального размера оплаты труда.

В государственном масштабе нужен механизм соблюдения определенных соотношений в заработной плате работников различных категорий, в частности устранения необоснованной разницы в заработной плате руководителей и специалистов, с одной стороны, и средней заработной плате по предприятию, с другой стороны. Нужны меры обязательного страхования работодателей на случай несвоевременной выплаты заработной платы работникам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эконометрика : учебник для вузов / под ред. И. И. Елисеевой .— М. : Финансы и статистика, 2004 .— 344 с.
2. Федеральная служба государственной статистики: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/>. – Дата обращения: 20.11.2011.

3. РИА-Аналитика: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ria.ru/>. – Дата обращения: 24.11.2011.

УДК 72.01

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Смирнова Ю. А.

Все мы посещаем разнообразные кафе, бары и рестораны, но только немногие из нас замечают те изменения, которые происходят на рынке услуг. Тематические бары, футкорды, рестораны на крышах зданий, кафе для животных, все эти виды предприятий общественного питания стали неотъемлемой частью нашей жизни. Остановим наше внимание на нескольких таких примерах. Наиболее распространёнными предприятиями общественного питания являются рестораны, кафе, бары и столовые. Предприятиям этого типа всегда предъявлялись достаточно определённые и жёсткие требования. Они касались внешнего вида предприятия, оформления залов и помещений для потребителей, наличия эстрады и танцевальной площадки, банкетного зала или кабинетов, микроклимата, мебели, столовой посуды и приборов, столового белья, меню и ассортимента собственной продукции и покупных товаров, методов обслуживания потребителей, одежды и обуви, музыкального обслуживания. Но если проанализировать современные предприятия общественного питания, можно заметить тенденции отхода от принятых правил, особенно хорошо это видно на европейских примерах.

Ресторан всегда являлся наиболее комфортабельным предприятием питания, продуманная архитектурная среда с широким ассортиментом блюд сложного приготовления, это было залогом успеха многих предприятий питания этого типа. Но взглянув на современные рестораны, мы заметим что они отходят от своего классического понимания. Например ресторан Jemmars Sea View Kitchen в Спрейсайде на острове Тобаго, здесь вы можете отобедать в кроне деревьев насладившись впечатляющими видами открывающимися на остров.



Рис. 1. Ресторан Jemmars Sea View Kitchen. Спрейсайд, остров Тобаго

Или первый в мире ресторан-аквариум расположился в океане на глубине 5 метров под водой. Прозрачные стены заведения позволяют одновременно наслаждаться вкусной пищей и созерцать красоты коралловых рифов и проплывающих мимо экзотических рыб.



Рис. 2. Ресторан Ithaa Undersea Restaurant. Мальдивские острова

Бар - это специализированный объект общественного питания с барной стойкой, реализующий различные напитки: смешанные, крепкие алкогольные, слабоалкогольные и безалкогольные; закуски, мучные кондитерские и булочные изделия. Он предоставляет посетителям максимальный уровень комфорта. Бары могут функционировать как самостоятельные объекты или при других объектах питания (например, ресторанах). На данный момент свою популярность набирают ледяные бары. Ледяные - потому что практически все здесь создано изо льда - стулья, столы, барная стойка и даже стаканы. Но не стоит думать что они существуют только в странах с прохладным климатом, они не менее популярны в Японии, Африке и Арабских эмиратах.



Рис. 3,4. Ледяной бар Absolut Icebar. Швеции, Стокгольм. Ледяной бар Absolut Icebar. Японии, Токио

Еще один интересный пример - это бар в пещере. Что бы попасть в него вам придется спуститься под землю, а на пути вам не раз встретятся настоящие сталактиты и сталагмиты.



Рис. 5. Бар Alux Restaurant & Lounge, Мексика

Кафе – это объект общественного питания по организации питания и досуга потребителей с предоставлением ограниченного по сравнению с рестораном ассортимента кулинарной продукции. Разнообразие видов кафе на сегодняшний день поражает, например подводный ресторан "Red Sea Star", находящийся в Израиле. Из окон люди могут наблюдать за настоящими дикими обитателями моря.



Рис. 6. Кафе The Red Sea Star. Мальдивы

Или не менее экстравагантное заведение расположившееся на 150-метровой трубе фабрики, перерабатывающей отходы. Попав туда можно с помощью лифта, вы сможете насладиться не только блюдами, но и красивым видом на город.



Рис. 7. Кафе A Beitou Incinerator. Тайпей

Столовая – это объект общественного питания, предназначенный для приготовления и реализации с потреблением на месте разнообразных по дням недели завтраков, обедов, ужинов, а также отпуска их на дом. Поэтому столовая – это наиболее доступный тип предприятия по оказанию услуг широким слоям населения, производящий и реализующий блюда. На сегодняшний день в столовых России стало распространена система самообслуживания, приходя поесть, вы сами накладываете себе салаты, наливаете суп, и греете второе в микроволновой печи. Меньше обслуживающего персонала, дешевле обед, это главный девиз современных столовых.



Рис. 8. Столовая «Пельмени БУМ». Москва

Но если мы взглянем на европейский опыт, то увидим что к самообслуживанию добавляется такая функция, как приготовление блюда самостоятельно. Удобно и интересно, стоит лишь выбрать нужные продукты и повар приготовит из них завтрак, обед или ужин.



Рис. 9. Столовая «Vroom & Dreesman». Амстердам, Нидерланды

Рассмотрев разнообразные современных предприятий общественного питания, можно сделать вывод что зачастую публику пытаются удержать не столько разнообразием меню, а сколько необычностью кафе, бара или ресторана. Большая конкуренция в этой сфере услуг, порождает все более изощренные места расположения и способы привлечения посетителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 30389-95 / ГОСТ Р 50762-95. Услуги общественного питания. Классификация предприятий общественного питания. - М.: ИПК Изд-во стандартов, 1995. - 10 с.

ОБ АВТОРАХ



Смирнова Юлия Андреевна, аспирант каф. архитектуры УралГАХА, присуждена квалификация архитектор-дизайнер по специальности "Дизайн архитектурной среды" (ЮУрГУ, 2010). Исследования в области проектирования архитектурной среды предприятий общественного питания.

e-mail: dez_ylya@mail.ru

УДК 004.415

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Андреева Л. М.

Одним из важнейших направлений педагогической деятельности является проверка знаний обучаемых, которая может быть выражена в различных формах: устный экзамен, контрольная работа, опрос и т.д. Всё большую популярность в этой сфере приобретает тестирование. Тесты довольно долгое время подвергались критики, многие исследователи отказывали им в научности. Но нельзя не учитывать их достоинства: высокую степень

объективности, снижение трудозатрат преподавателя при оценке знаний обучаемых, возможность компьютеризации [1].

Вопросами тестирования занимались многие ученые как в нашей стране, так и за рубежом: Л.А. Заде, Е. Мамдани, Н. Белнап, В.С.Аванесов, С.И.Архангельский, В.П.Беспалько, И.Я.Лернер, В.И.Михеев, М.Н.Скаткин, А.О.Татура, В.С.Черепанова, М.Б.Челышкова, А.И. Субетто и др. Научные труды по теории тестов появились ещё в начале XX века. За рубежом педагоги называют данную науку педагогическими измерениями, в русском языке такого понятия ещё нет.

В.С. Аванесов - доктор педагогических наук, профессор, автор множества книг и публикаций по теме тестирования [2], назвал эту науку тестологией. Она занимается вопросами разработки тестов для измерения знаний обучающихся.

Однако следует помнить, что тест может качественно оценить знания только тогда, когда составлен на профессиональном уровне с учётом соответствующих правил и требований, таких как: объективность, надёжность, валидность. Тест должен представлять собой систему заданий, каждое из которых удовлетворяет определённым критериям. Необходимо учитывать правильность использования форм тестовых заданий (открытая, закрытая, на соответствие, на установку правильной последовательности.). Но нельзя всегда проводить проверку знаний с помощью тестирования, т.к. определённые дисциплины или темы требуют устного опроса или развёрнутого письменного ответа.

В современной тестологии различают следующие типы тестовых заданий [2]: задания на выбор одного или нескольких правильных ответов (закрытой формы), задания в открытой форме, задания на установление правильной последовательности и задания на установление соответствий.

Соответственно, существующие формы заданий имеют разный уровень сложности, что необходимо учитывать при подсчёте результатов. Так же в заданиях закрытой формы нужно учесть вероятность угадывания правильных ответов. В связи с этим одним из распространённых вопросов тестового контроля является оценка результатов. В ходе исследования был сделан вывод, что в современных системах используются простейшие системы оценивания, которые основаны на подсчёте правильных и неправильных ответов либо на присвоении каждому заданию весового коэффициента или определённого количества баллов. На результаты тестирования не влияет уровень усвоения, оценивание зависит от составителя теста, который выступает экспертом в своей предметной области. Таким образом, данное тестирование не лишено субъективизма. Во многих системах не предусмотрен этап формирования набора тестовых заданий - каждое последующее задание в основном выбирается из базы данных путём случайного выбора.

При составлении тестов необходимо так же учитывать модель тестирования: классическая, с учётом сложности заданий, с возрастающей сложностью, с учётом времени, на нечёткой математике, адаптивная и др.

В классической модели тест определённой длины формируется из выбранных случайнным образом заданий с соответствующими весовыми коэффициентами. При оценке знаний считается количество правильных ответов с учётом их сложности.

В данной модели определение уровня знаний испытуемого зависит от набора тестовых заданий, т.е. если уровень сложности тестовых заданий минимален, то высока вероятность большой доли правильных ответов, и наоборот – если уровень сложности максимален, то доля правильных ответов минимальна. Таким образом, измерение уровня знаний не должно зависеть от измерительного инструмента.

Адаптивные тесты, в которых уровень сложности заданий меняется в зависимости от предыдущих ответов испытуемого, позволяют определить уровень знаний студентов с различной степенью подготовки. Таким образом, данное тестирование определяет доступный уровень сложности и интерпретирует результаты на шкале измеряемого свойства.

Данная модель применяется для тестирования обучаемых с помощью компьютера,

т.к. на бумажном бланке невозможно заранее разместить столько вопросов и в том порядке, сколько и в котором они должны быть предъявлены обучаемому.

Тестирование обычно начинается с заданий средней сложности, но можно начинать и с легких заданий, т.е. идти по принципу повышения сложности, а заканчивается, когда обучаемый выходит на некоторый постоянный уровень сложности (например, отвечает подряд на некоторое критическое количество вопросов одного уровня сложности).

Существуют различные способы определения взаимосвязи между результатами выполнения теста и уровнем знания тестируемого. Так, теория IRT позволяет определить уровень знаний обучаемого независимо от сложности задания.

Основными преимуществами данной модели являются: измерение уровня сложности тестовых заданий и уровня обученности испытуемых на одной шкале, объективное тестирование, основанное на выборочных статистиках с целью получения линейных изменений, независимость измерения уровня знаний от набора тестовых заданий и сложности тестовых заданий от испытуемых, и др.

В однопараметрической логистической модели Раша вероятность P правильного выполнения i -м испытуемым j -го тестового задания определяется разностью уровней развития свойства испытуемого θ_i и уровня трудности задания β_j и определяется по формуле:

$$P_j = \frac{1}{1+e^{(\beta_j - Q_i)}} \quad (1)$$

Для заданий с различной дифференцирующей способностью, в соответствии с логистической моделью Бирнбаума вероятность успеха испытуемого составляет

$$P_j = \frac{1}{1+e^{d_j(\beta_j - Q_i)}}, \quad (2)$$

где d_j – дифференцирующая способность задания.

Существует также логистическая трехпараметрическая модель Бирнбаума с функцией успеха:

$$P = \frac{1}{1 + \frac{d_i d_j}{\sqrt{d_i^2 + d_j^2}} (\beta_j - Q_i)} \quad (3)$$

Параметры трехпараметрической функции находятся применением метода максимального правдоподобия путем проведения ряда итераций.

Данная модель тестирования успешно используется в различных областях знаний, однако существуют противоположные точки зрения на эффективность её использования.

В последнее время адаптивное тестирование активно внедряют в стандарты образования, появляются автоматизированные компьютерные тесты, позволяющие подбирать задания теста, не выходящие за пределы индивидуальных способностей испытуемого, и давать более точную оценку его образовательного уровня. Таким образом, компьютерное адаптивное тестирование обеспечивает максимальную эффективность измерения уровня знаний обучающихся по сравнению с традиционным тестированием благодаря оптимизации подбора заданий с различной степенью сложности, их количества и последовательности.

Так, существует множество разнообразных средств для проведения и подготовки автоматизированного тестирования: UniTest System, Конструктор тестов, Инспектор, SunRav TestOfficePro, HyperTest, Open TEST, Прометей и др.

В основном в данных системах поддерживаются следующие основные формы тестовых заданий:

- закрытой формы, в которых испытуемому предлагается список готовых ответов, из которых один или несколько являются правильными;
- открытой формы, в которых испытуемый должен сам получить правильный ответ;

- на соответствие, в которых элементам первого множества необходимо сопоставить в соответствие элементы второго множества (количество элементов первого множества может быть меньше количества элементов второго множества);
- задание на установление последовательности, в которых необходимо установить правильную последовательность действий, операций или процессов.

Формы заданий имеют разные степени усвоения знаний: ко второму уровню относятся задания открытой формы, к первой - все остальные. В данных средах на результаты тестирования не влияет уровень усвоения, оценивание зависит от составителя теста, который выступает экспертом в своей предметной области. Таким образом, его оценивание не лишено субъективизма.

Способы вычисления оценки различны: в одних системах каждое правильное задание оценивается в один балл, в других - каждому заданию в зависимости от сложности присваивается весовой коэффициент или определённое количество баллов.

Разработка систем контроля в основном была построена без научно-методического обоснования и теоретической базы. В связи с этим возникает потребность в создании научно-обоснованной тестирующей системы.

Таким образом, актуальной является проблема создания моделей адаптивного тестирования и их использование в электронной обучающей среде.

Объектом исследования является система адаптивного тестирования; профессиональная подготовка студентов в сфере информационных технологий.

Предметом исследования - адаптивные модели, методы и алгоритмы тестирования для получения наиболее оптимальных оценок уровня знания студентов и трудности заданий на основе эмпирических данных.

Целью работы является исследование и разработка алгоритма тестирования с обратной связью и создание электронной тестирующей системы.

В рамках данной работы было принято решение о создании тестирующей подсистемы для студентов, которая будет размещена на портале кафедры АСОИУ. Данный портал создан на платформе Microsoft Sharepoint и включает в себя несколько узлов дисциплин, где опубликованы необходимые документация и учебные материалы как для студентов, так и для преподавателей.

Разрабатываемая программа должна соответствовать следующим требованиям:

- простота интерфейса программы;
- полная автоматизация процесса адаптивного тестирования: создание и пополнение банка тестовых заданий, идентификация, проведение тестирования, оценка и хранение;
- большая тестовая база;
- быстрая обработка результатов тестирования;
- возможность запоминания результатов (что означает возможность применения для контрольного тестирования);
- возможность редактирования тестовых заданий;
- создание отчётов.

Помимо основных требований возможны дополнительные (защита от несанкционированного доступа к вопросам теста, возможность применения в разных предметных областях и др.).

В ходе изучения предметной области были выявлены следующие роли пользователей:

- преподаватель - пользователь, создающий и редактирующий тестовые задания (имеет доступ к отчетам и статистике тестов).
- студент - пользователь с правом выполнять тестовое задание, ознакомиться с результатами выполненного теста и получить список тем, необходимых для изучения.

Преподаватель формирует тестовые задания с указанием темы лекции и начальных характеристик тестовых заданий. При создании нового задания преподаватель может

использовать различные формы – закрытого или открытого типа, на соответствие или установление последовательности. Каждому заданию ставятся в соответствие ответы правильные и неправильные. Критерии правильности заранее определяются авторами теста.

Главная задача преподавателя – создать качественные тестовые задания, используя контрольные материалы, который соответствует содержанию учебной дисциплины. Эффективность тестирования от этого возрастёт. Так же у него есть возможность редактирования или удаления тестовых заданий.

Студент проходит адаптивное тестирование и имеет возможность получить результаты с подробным описанием его уровня знаний, списком заданий, в которых он допустил ошибки, а также с перечнем тем по данной дисциплине, которые рекомендованы для изучения.

После прохождения тестирования группы студентов, преподаватель может сформировать общий отчёт, в котором отражена динамика уровня подготовленности учащихся и определить наиболее трудные для изучения темы, которые необходимо в дальнейшем подробнее рассмотреть на занятиях.

Архитектура системы показана на диаграмме развертывания (рис. 1). При её проектировании учитывались требования к возможностям масштабирования системы и рекомендации компании Microsoft для решений на базе Sharepoint Server.

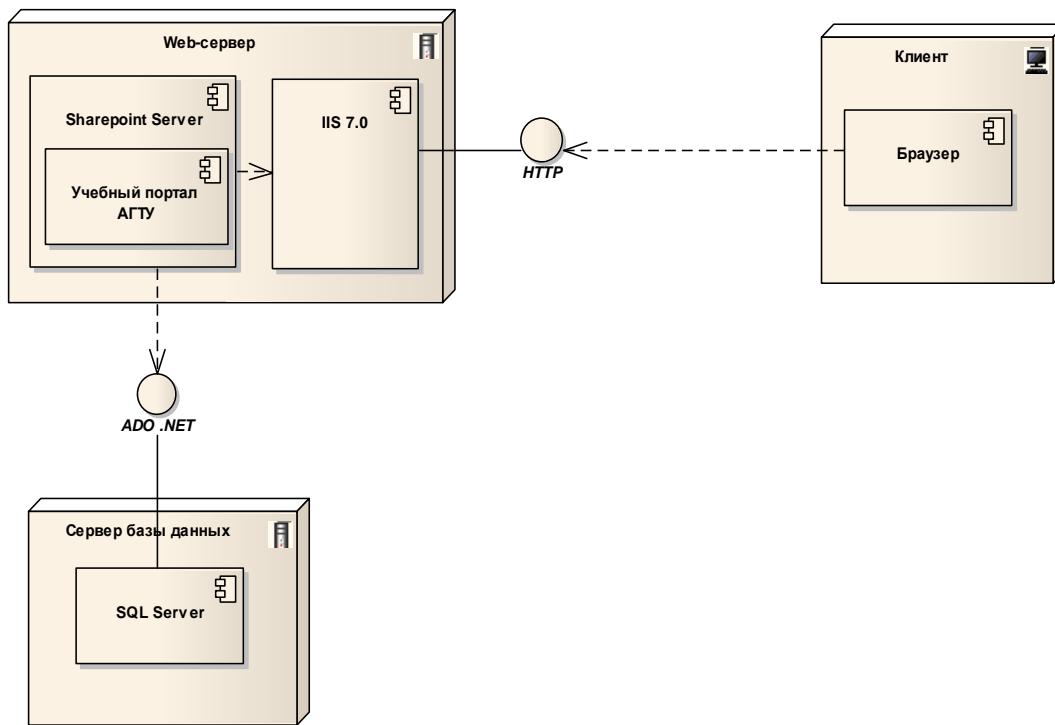


Рис. 1. Диаграмма развёртывания

Основная часть разработанной системы реализуется в виде WSP пакета на одном или нескольких объединенных в фермы серверов Sharepoint 2010, работающих под управление Windows Server 2008 с предустановленным веб-сервером Internet Information Server 7 (или выше). На клиентской машине для доступа на портал должен быть установлен один из браузеров: Internet Explorer версии 7 или выше, Mozilla Firefox версии 3 или выше, Google Chrome версии 5 или выше, Apple Safari версии 4 или выше. Доступ к порталу осуществляется по протоколу HTTP или HTTPS. В случае использования фермы серверов рекомендуется публиковать портал, настроив единую точку входа с помощью продукта Microsoft Forefront Threat Management Gateway, что позволит осуществлять тонкую балансировку нагрузки и защиту от различного рода атак.

Размещение дополнительных данных и хранение контента портала осуществляется на сервере баз данных с установленным Microsoft SQL Server 2008, под управлением операционной системы Windows Server 2008. Запрос данных с сервера осуществляется с использованием стандартного API Sharepoint Server и инструментария ADO.NET.

На данном этапе научной работы были построены бизнес-процессы и диаграммы вариантов использования, развёртывания и состояния, также спроектированы логическая структура модели адаптивного тестирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Челышкова М. Б. Теория и практика конструирования педагогических тестов: Учебное пособие – Логос, 2002, – 432 с.

2. Аванесов В.С. Композиция тестовых заданий. Учебная книга. 3 изд. доп. – М.: Центр тестирования, 2002 г. - 240 с.

ОБ АВТОРАХ



Андреева Лидия Михайловна, магистрант каф. «Автоматизированные системы обработки информации и управления», АГТУ. Разработка и исследование методов и алгоритмов интеллектуализации процессов обучения и тестирования с обратной связью.

e-mail: AndreevaLidia@gmail.com

УДК 004.415

ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ НАУКОЁМКОГО ПРОДУКТА (НА ПРИМЕРЕ ВЕРТОЛЕТНОЙ ТЕХНИКИ)

Бровко П. М.

Авиастроение относится к промышленным комплексам с длительным периодом создания продукта. Создание авиационной техники требует крупных затрат ресурсов на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, а также на освоение в производстве. Создаваемый продукт должен окупить затраченные ресурсы и принести прибыль. Поэтому важным этапом при принятии решения о производстве авиационной техники является оценка её конкурентоспособности на рынке.

Конкурентоспособной является продукция, способная отвечать требованиям рынка в данный момент по сравнению товарами-конкурентами [4]. Точность определения конкурентоспособности продукта зависит от выбранного методического подхода. В данный момент существует большое количество методик позволяющих оценить конкурентоспособность продукта (табл. 1) [1,2,3,4,6,7,8].

Из исследования методических подходов к оценке конкурентоспособности продукции можно заключить, что главным недостатком большинства методов является субъективизм в выборе номенклатуры критериев и в определении их значимости (весомости).

Таблица 1

Методические подходы к оценке конкурентоспособности продукции

Подход	Характеристика	Достоинства	Недостатки
1 Отношение «качество - цена»	Представляет собой отношение группы взвешенных показателей характеризующих качество товаров к группе взвешенных показателей отражающих его стоимость	Позволяет учесть основные факторы конкурентоспособности: качество товара, его цену, уровень сервиса	Субъективизм при выборе номенклатуры критериев и их значимости (веса)
2 Определение конкурентоспособности через полезный эффект	Представляет собой отношение показателя (показателей) полезного эффекта к цене потребления продукции	Простота расчетов, позволяет производить оценку, как по количественным, так и по качественным параметрам	Сложность определения полезного эффекта, учет только одной группы показателей.
3 Матричные методы (матрица Нильсена, БКГ и др.)	Определение конкурентоспособности товара с помощью таблицы (матрицы).	Наглядность, возможно исследование конкурентоспособности по нескольким критериям	Сложность в определении точных значений показателей, субъективизм.
4 Расчет цены единицы взвешенного качества продукции	Исчисляется как отношение цены единицы продукции к сумме средневзвешенных показателей качества	Позволяет учесть основные факторы конкурентоспособности продукции: качество и цену.	Субъективизм при выборе номенклатуры показателей качества и их весов. Не учитывает цену потребления.
5 Расчет интегрального критерия конкурентоспособности на основе нормы потребительной стоимости (НПС)	Представляет собой отношение цены продукции к норме потребительной стоимости, определяемой по взвешенной номенклатуре критериев и их значений, определяемых в результате опроса потребителей (экспертов)	Учитывает основные факторы конкурентоспособности продукции: качество и цену. Ориентирован на требования потребителей.	Субъективизм при выборе номенклатуры показателей качества и их весов.

Нами предлагается подход, который позволяет преодолеть обозначенный недостаток. В качестве объекта исследования выступает средний вертолет Ка-62. На данный тип машин имеется устойчивый спрос на внутреннем и внешнем рынке. Освоения производства данной машины может диверсифицировать продуктовый ряд вертолетостроительной отрасли, что благоприятно скажется на её развитии.

Предлагаемая методика состоит из следующих этапов:

1. Исследование рынка, сбор данных о товарах-конкурентах.

2. Выбор номенклатуры критериев для оценки конкурентоспособности продукта.

Нами предлагается производить оценку по двум наиболее распространенным группам критериев – показателям качества и стоимости. Эти показатели легко можно получить из существующих информационных источников.

Группа показателей качества вертолетной техники включает:

- геометрические размеры (диаметр несущего винта, ширина и высота вертолета,

длина фюзеляжа, максимальная взлетная масса);

- функциональные параметры (максимальная полезная нагрузка, максимальная крейсерская скорость, количество пассажиров, дальность полета).

В группу показателей стоимости входят:

- цена приобретения нового вертолета;
- стоимость эксплуатации вертолета.

В качестве стоимости эксплуатации вертолета берется стоимость летного часа, умноженная на предполагаемое время налета в период эксплуатации (7000 часов).

3. Определение показателей весомости. Традиционно показатели весомости определяются с помощью метода экспертных оценок, что привносит известную долю субъективизма. Нами предлагается определять веса показателей качества не экспертным путем, а способом учета естественной изменчивости включаемых в расчет параметров, по формуле:

$$a_i = \frac{\sigma_i}{\sum \sigma_i}, \quad (1)$$

где $\frac{\sigma_i}{\sum \sigma_i}$ - относительное стандартное отклонение (доля изменчивости отдельного показателя).

Расчет весов, основанный на приведенной зависимости, основывается на предположении, что вклад любого показателя в общую изменчивость итогового показателя напрямую зависит от изменчивости этого показателя, которая выражена стандартным отклонением (σ_i).

4. Определяются относительные показатели качества по формулам вида:

$$q_i = \frac{P_i}{P_k}, \quad (2)$$

или

$$q_i = \frac{P_k}{P_i}, \quad (3)$$

где P_i – значение i -го показателя конкурентоспособности оцениваемого продукта;

P_k – значение i -го показателя конкурентоспособности продукта-конкурента.

Формула (2) используется, когда увеличение абсолютного показателя качества приводит к росту конкурентоспособности. В случае отрицательного влияния увеличения показателя на конкурентоспособность применяется формула (3). Относительные показатели исследуемого объекта для группы геометрические размеры рассчитываются по формуле (3), а для группы функциональных параметров по формуле (2).

5. Рассчитываются взвешенные показатели качества как сумма произведения относительного показателя качества и коэффициента весомости.

6. Определяется интегральный показатель конкурентоспособности по формуле:

$$I = \frac{\frac{\Pi_k + Z_{e(k)}}{\Pi + Z_e}}{\sum a_i * q_i}, \quad (4)$$

где Π_k – цена машины конкурента при продаже;

$Z_{e(k)}$ – затраты на эксплуатацию вертолета-конкурента;

Π – цена оцениваемого вертолета при продаже;

Z_e – затраты на эксплуатацию оцениваемого вертолета.

Если значение интегрального показателя меньше 1, то товар конкурент

превосходит сравниваемый продукт.

Данные для определения конкурентоспособности вертолета Ка-62 приведены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика средних вертолетов с двумя ГТД [5]

Показатель	Ка-62	AW-139	S-76C++	Bell - 412	EC 155B1	EC 175
1. Диаметр несущего винта, м	13,8	13,8	13,41	14,02	12,6	13,5
2. Высота вертолета, м	4,8	4,95	4,42	4,57	4,35	4,77
3. Ширина вертолета (без НВ), м	3,1	3,2	3,05	2,87	3,48	3,1
4. Длина фюзеляжа, м	13,46	13,53	13,21	12,7	12,7	13,5
5. Максимальная взлетная масса, кг.	6500	6400	5306	5398	4850	6700
6. Максимальная полезная нагрузка, кг.	2500	2730	1575	2286	2226	2038
7. Крейсерская скорость, км/ч	290	290	287	259	270	280
8. Количество пассажиров, чел	14	16	13	14	14	16
9. Дальность полета, км.	770	568	762	745	802	740
10. Цена продажи, млн. \$	8,2	13	10,6	9,1	9,2	10,4
11. Стоимость летного часа, \$	2833	3824	3198	3120	3240	3450

На основе данных табл. 2 рассчитываются показатели весомости и относительные показатели конкурентоспособности вертолета Ка-62.

Результаты расчета конкурентоспособности научоёмкого продукта вертолета Ка-62 приведены в табл. 3.

Таблица 3

Оценка конкурентоспособности вертолета Ка-62

Показатель	Ка-62	AW-139	S-76C++	Bell - 412	EC 155B1	EC 175
1. Стоимость вертолета в течение жизненного цикла, млн. \$.	28	39,8	33,0	30,9	31,9	34,6
2. Взвешенный относительный показатель качества	-	1,021	1,111	0,993	0,98	1,052
3. Интегральный показатель конкурентоспособности.	-	1,392	1,061	1,111	1,163	1,175

Из оценки конкурентоспособности вертолета Ка-62 следует, что предлагаемая к освоению машина конкурентоспособна. По показателям качества Ка-62 превосходит трех из пяти конкурентов. В отношении остальных он имеет невысокий разрыв в качественных характеристиках. Главным конкурентным преимуществом рассматриваемого вертолета

является более низкие затраты в течение жизненного цикла.

Таким образом, освоение производства вертолета Ка-62 является выгодным проектом для холдинга ОАО «Вертолеты России». Эта машина позволит занять нишу на рынке, что благоприятно скажется на конкурентоспособности российского вертолетостроения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глухов А. Оценка конкурентоспособности товара и способы её обеспечения // Маркетинг. 1999. № 6.
2. Захарченко В.И. Конкурентоспособность станкостроительной продукции // Маркетинг в России и за рубежом, 1999, № 5.
3. Иванова Е.А. Оценка конкурентоспособности предприятия – Ростов н/Д: Феникс, 2008.
4. Лифиц И.М. Конкурентоспособность товаров и услуг: 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшее образование; Юрайт-Издат, 2009.
5. Маслов А.Д., Завалов О.А. Современные зарубежные гражданские вертолеты: состояние мирового парка и прогнозы развития рынка. Анализ конструкций, летно-технических характеристик, оборудования и возможных вариантов применения. – М.: МАИ, 2007.
6. Сухарев О.С. Экономика технологического развития – М.: Финансы и статистика, 2008.
7. Фатхутдинов Р.А. Стратегическая конкурентоспособность. – М.: Экономика, 2005.
8. Царев В.В., Кантарович А.А., Черныш В.В. Оценка конкурентоспособности предприятий (организаций): теория и методология. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2008 г.

ОБ АВТОРЕ



Бровко Петр Михайлович, старший преподаватель филиала Дальневосточного федерального университета в г. Арсеньеве, дипломированный экономист (ДВГТУ, 2008 г.). Исследования в области повышения экономической устойчивости производственных предприятий авиастроительного комплекса.

e-mail: petr_1883@mail.ru

УДК 004.318

СИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СЫТА НЕФТЯНОЙ КОМПАНИИ

Хасанова Л. Р.

ВВЕДЕНИЕ

Рост глобализации экономики и рынков выражается в частности в росте конкуренции. В свою очередь, это приводит к тому, что компании вынуждены быстрее адаптироваться к новым условиям. Важным фактором успеха является время, затрачиваемое компанией на оперативное изменение процессов, операций и информационных потоков с целью обеспечения их эффективности, прозрачности и интеграции.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, АКТУАЛЬНОСТЬ

В настоящее время крайне важно обеспечить интеграцию и прозрачность бизнес-процессов. Система SAP (Systeme, Anwendungen, Produkte) ERP (Enterprise Resource Planning) позволяет осуществлять эффективный контроль всех административных и технологических процессов с целью увеличения их эффективности и прибыльности. Кроме того, это ведет к снижению затрат на интеграцию и развертывание за счет сокращения времени и использования существующих решений и инвестиций в ИТ (информационные технологии)-сектор.

С выпуском SAP ERP компания SAP определила новый стандарт для ПРП (планирования ресурсов предприятия) систем. Система охватывает все основные функциональные области компании с точки зрения информационных технологий, включая такие области как бухгалтерский учет и отчетность, управление человеческими ресурсами, операции, корпоративные услуги [2].

- Бухгалтерский учет в SAP ERP: цель данного программного решения – эффективное использование денежных средств компании и повышение прибыльности в долгосрочной перспективе.

- Управление человеческими ресурсами в SAP ERP: В каждой компании есть сотрудники, являющиеся важными ресурсами. Управление человеческими ресурсами позволяет эффективно использовать человеческие ресурсы для достижения целей предприятия. Данное программное решение включает в себя все аспекты управления человеческими ресурсами, начиная от принятия на работу и обучение и заканчивая заработной платой.

- Операции в SAP ERP: Данное программное решение предназначено для автоматизации операций и оптимизации закупок и логистики, а также производства, сбыта и обслуживания.

- Корпоративные услуги в SAP ERP: Данное программное решение предназначено для поддержки процессов охраны труда, окружающей среды, управление недвижимостью и поездками. Сюда также относится разработка эффективных программ стимулирования производства.

2. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Определим основные понятия, используемые в SAP ERP SD (Sales and Distribution):

- Балансовая единица – это независимая единица учета и отчетности: наименьшая организационная единица, для которой можно вести полный набор бухгалтерских счетов и формировать бухгалтерскую отчетность [3].

- Сбытовая организация – это организационная единица компании, подразделяющая ее в соответствии с требованиями отдела сбыта. Она отвечает за продажу материалов и предоставление работ/услуг [3].

- Завод – это организационная единица, служащая для разделения компании в соответствии с аспектами производства, заготовки, ремонта и реализации.

- Канал сбыта – это канал, по которому реализуемые материалы и услуги достигают клиента.

- Сектор – группа продуктов.

- SD – это функциональный модуль «Управление сбытом» в SAP ERP.

3.

3. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ УРОВНИ И ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ПРОДАЖ SAP ERP

В системе SAP ERP существуют четыре основных понятия: организационные уровни, основные данные, транзакции и отчеты. Данные элементы используются для представления организационной структуры предприятия и ее бизнес-процессов. Указанные элементы являются общими для всех приложений SAP. В частности, они используются в таких приложениях как «Финансы», «Контроллинг», «Логистика»,

«Управление материалами», «Человеческие ресурсы» и т.д.

Организационные уровни (рис.1) являются основой для всех основных элементов системы. Далее следуют основные данные. Невозможно создать основные данные до тех пор, пока не созданы организационные уровни предприятия. Основные данные создаются и связываются с организационной структурой компании на всех уровнях (уровень балансовой единицы, уровень завода и т.д.). На следующем уровне иерархии выполняются транзакции. Организационные уровни и основные данные необходимы для выполнения транзакций. Транзакции представляют собой бизнес-процессы, протекающие в системе SAP ERP. Последний уровень – уровень отчетов. После создания основных данных и выполнения соответствующих транзакций, бизнес-процесс считается завершенным, можно создать отчет по результатам транзакции.

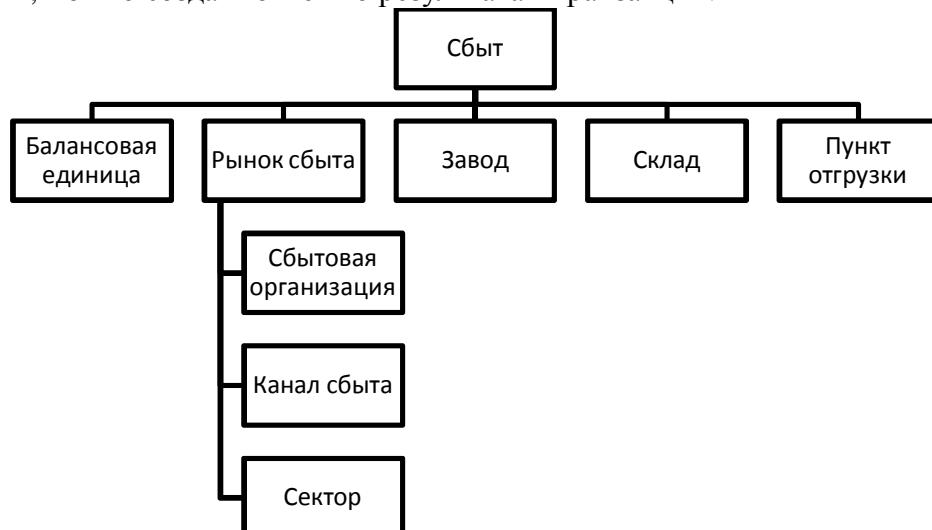


Рис. 1. Организационные уровни модуля «Управление сбытом».

Система SAP ERP предлагает несколько функций для сопоставления структуры компании со структурой SAP. Прежде всего, SAP ERP является клиентским приложением, что позволяет интегрировать различные коммерческие независимые компании в одной системе [2]. Гибкие организационные элементы, представленные в системе SAP, позволяют представить достаточно сложные организационные структуры компаний. Если компания имеет множество уровней и элементов, то ее структура может быть представлена с помощью ракурсов. С помощью анализа и сопоставления различных организационных подразделений компании можно интегрировать соответствующие области деятельности компании и представить ее структуру в системе SAP. Анализ организационных подразделений и их представление в системе SAP осуществляется во время процесса настройки.

3.1 Описание бизнес-процессов организации модуля «Управление сбытом» в SAP ERP.

Организация бизнес-процессов в модуле «Управление сбытом» (рис.2) представлена следующим образом. Для получения материала заказчику необходимо принести договор куратору договора, который занимается оформлением заказа в SAP ERP SD. Выходными документами являются: акт приема сдачи, счет на предоплату и материальный пропуск. Оформленный заказ переходит к сотруднику отдела бухгалтерского учета и отчетности, который создает счет – фактуры. Выходные документы: счет – фактура и счет на оплату. После этого заказчик может вывести материал из склада.

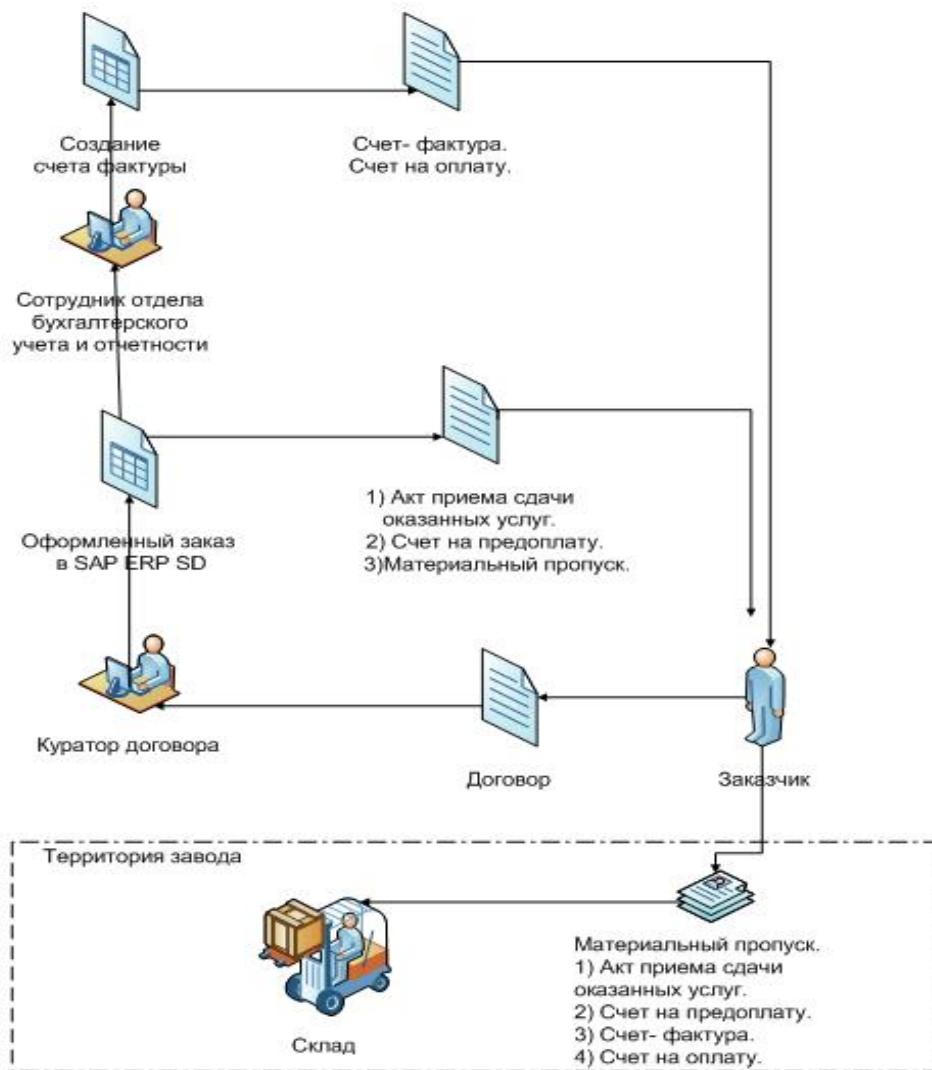


Рис. 2. Описание бизнес-процессов организации модуля «Управление сбытом» в виде мнемосхемы.

4. Диаграмма последовательности действий

Диаграмма последовательности действий (рис.3) отображает взаимодействие объектов, упорядоченные во времени, то есть диаграмма последовательности служит для визуализации временных аспектов взаимодействия. На ней показаны объекты и классы, используемые в сценарии, и последовательность сообщений, которыми обмениваются объекты, для выполнения сценария. Сценарий – единичный проход по потоку событий для прецедента.

В диаграмме последовательности действий консультанта SAP ERP SD. представлены следующие объекты: объект внедрения; консультант модуля сбыт; обучение пользователей; куратор договора; заказ; отдел бухгалтерского учета и отчетности; счет - фактур; техническая поддержка; исправление заявок в help desc.

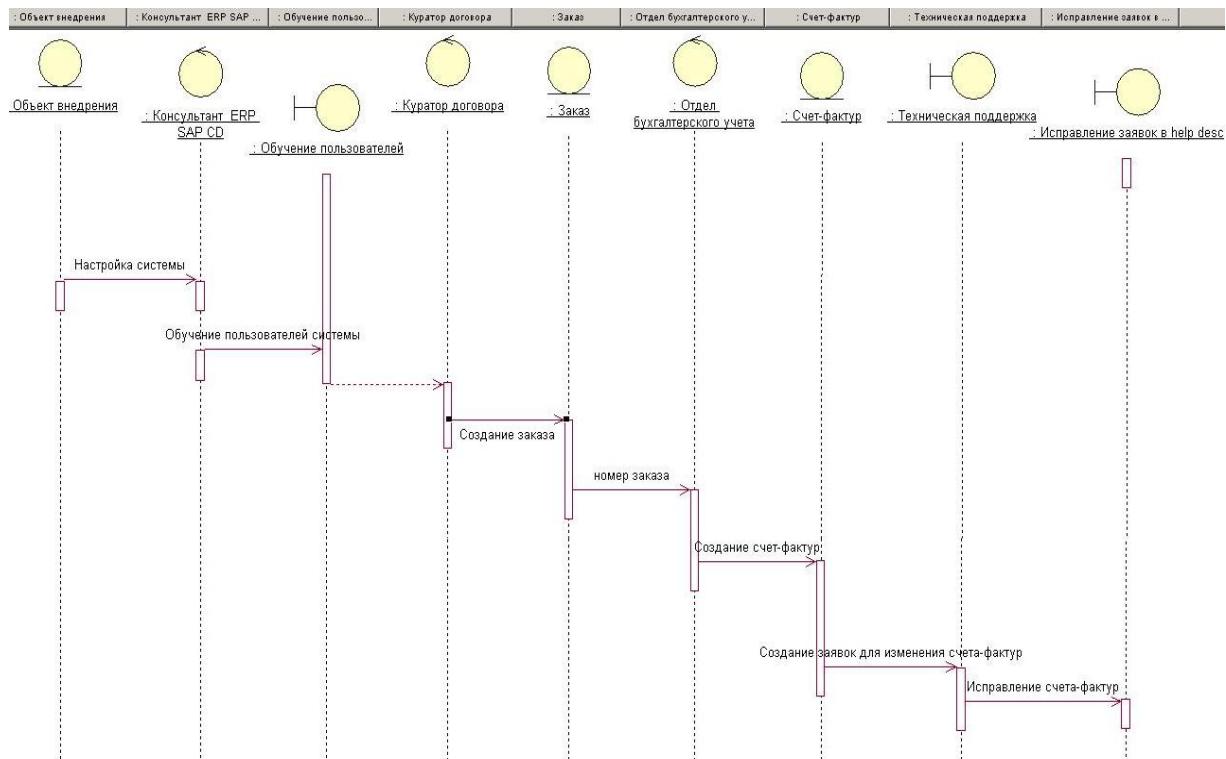


Рис. 3. Диаграмма последовательности действий консультанта SAP ERP SD.

4.1 Диаграмма взаимодействий

Диаграмма взаимодействий – это альтернативный способ отображения сценариев. Такой тип диаграммы показывает взаимодействие объектов, организованные вокруг них, и их связи друг с другом.

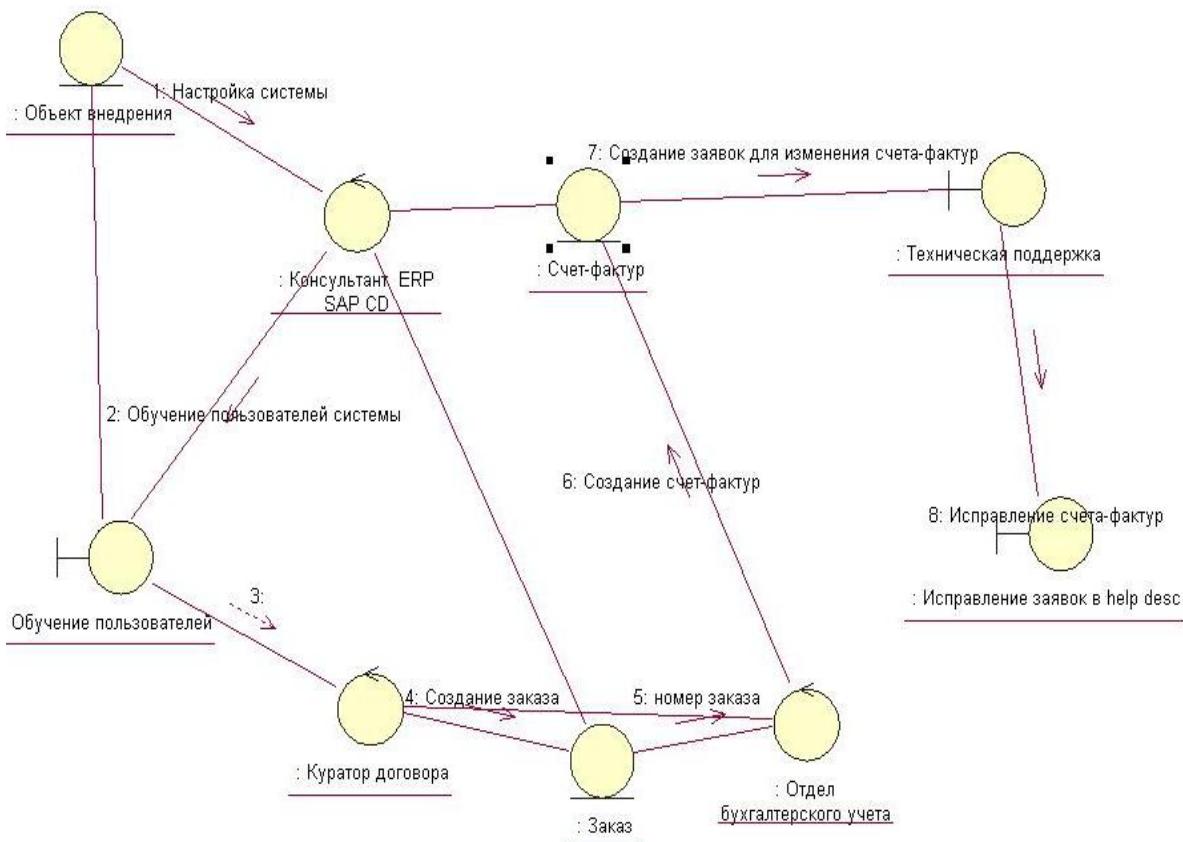


Рис. 4. Диаграмма взаимодействий.

Главной особенностью диаграммы взаимодействий (рис.4) заключается в возможности графически представить не только последовательность взаимодействий, но и все структурные отношения между объектами, участвующими в этом взаимодействии.

4.2 Диаграмма действий

Диаграмма действий (рис.5) отображает динамику проекта и представляет собой схемы потоков управления в системе от действия к действию, а также параллельные действия и альтернативные потоки.

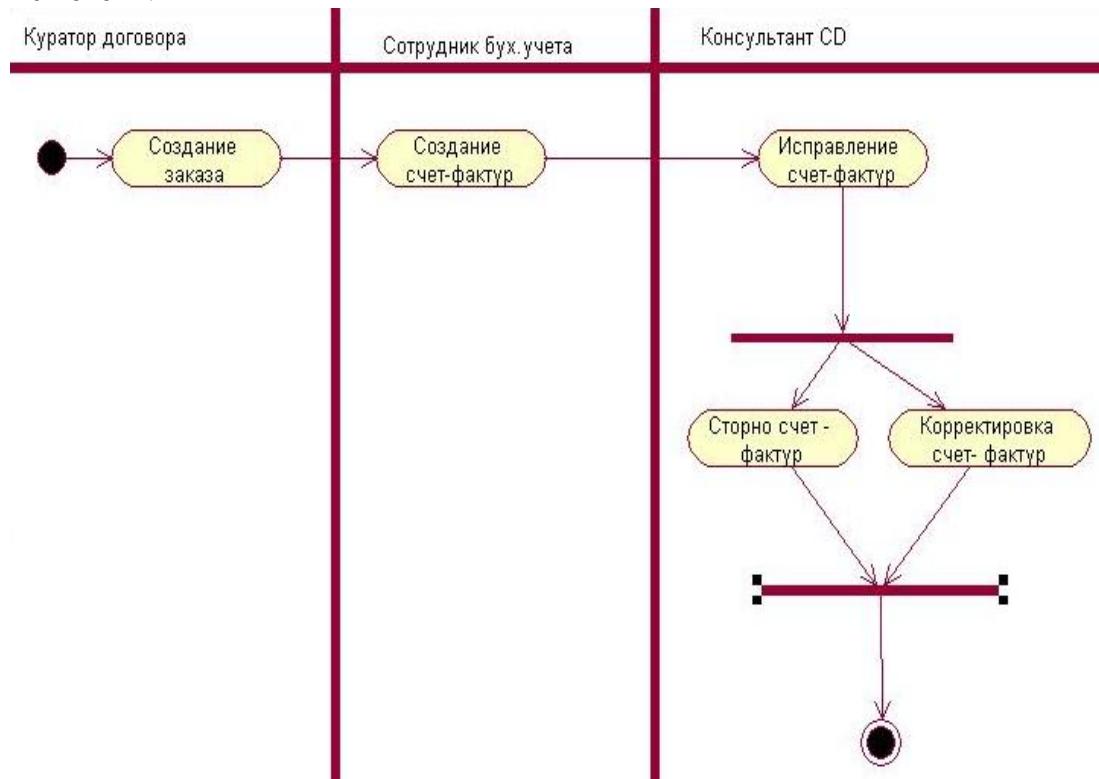


Рис. 5. Диаграмма действий с начальным и конечным состояниями.

Диаграмма действий иллюстрирует действия, переходы между ними, элементы выбора и линии синхронизации. Действием называется исполнение определенного поведения в потоке управления системы.

ВЫВОДЫ

SAP ERP является стандартным программным продуктом, охватывающим все основные бизнес-процессы компании, вне зависимости от ее размера. SAP ERP представляет собой набор компонентов для эффективной и гибкой интеграции людей, информационных потоков и процессов. Система разработана таким образом, что компании могут осуществлять только те бизнес-функции, которые им необходимы и лишь тогда, когда необходимо, что позволяет сократить расходы на обновление системы, а также уменьшить итоговую стоимость использования и поддержки системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Питеркин С.В., Оладов Н.А., Исаев Д.В. Точно вовремя для России: Практика применения ERP-систем. —М.: [Альпина](#), 2002. — 368 с.
2. Таймаз Хатами.Лекция: Интегрированные бизнес-процессы в среде SAP ERP.
3. Проектное решение 3.SD.01 Реализация услуг. Шаблон нефтедобывающего предприятия.

4. A. Сатунин SAP ERP. Построение эффективной системы управления. - М: Альпина Паблишер, 2008. - 356 с.

ОБ АВТОРЕ



Хасанова Лилия Разатовна, магистрант каф. автом.. систем управления УГАТУ, дипл. бакалавра. по бизнес информатики (УГАТУ, 2011). Исследования в области SAP ERP SD.

e-mail: h.lilia2011@yandex.ru

УДК 336.714

КОММЕРЧЕСКИЕ БАНКИ РОССИИ КАК УЧАСТНИКИ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЦЕССА

Кидрачев Р. Н., Крупина М. Б.

Научные исследования в области экономики, связанные с переходом страны к инновационной экономике, являются актуальными, во многих странах мира.

Данный интерес не случаен, и объясняется тем, что в условиях рыночной экономики, страны с инновационной экономикой имеют гораздо более конкурентоспособное положение, нежели чем развитые (страны Западной Европы) и развивающиеся страны (страны БРИК). На рисунке 1 приведен список стран ВВП по ППС на 2010 год. Отметим, что страны, которые занимаются развитием инноваций (Япония и США) занимают 1-е и 3-е место в данном списке. В то время такие страны как Китай, Индия, Россия, Бразилия (страны БРИК) соответственно 2,12,9,6 места соответственно (даже несмотря на то, что на эти страны приходится более половины населения всей земли, в то время как на Японию и США не более 7%). Таким образом, страны, обладающие природными ресурсами, уступают странам, делающим большой упор на развитие не только промышленности, но и науки.

Россия как одно из крупнейших государств мира заинтересовано в том, что бы вернуть утраченные позиции. Напомним, что по состоянию на 1990 ВВП СССР в 1990 году составил 2,7 трлн. долларов, (для сравнения США 5,4 трлн. долларов), при этом Советский Союз занимал 2-е место в мире. Сегодня Россия занимает всего лишь 9-е место.

№	Страна	Значение ВВП (2011)
1	США	15,094,000 \$
2	Китай	7,298,097 \$
3	Япония	5,867,154 \$
4	Германия	3,570,556 \$
5	Франция	2,773,032 \$
6	Бразилия	2,476,652 \$
7	Великобритания	2,431,58 \$
8	Италия	2,194,750 \$
9	Россия	1,857,770 \$

Рис.1. ВВП по ППС на 2010 год по данным МВФ

Как показала практика даже сверхвысокие цены на природные ресурсы (в частности на нефть) не могут поднять отечественную экономику выше 6 места. Следовательно, требуются новые пути решения данной проблемы. Одной из них может стать построение инновационной экономики. Однако для её успешно функционирования требуются не только значительные финансовые ресурсы, но и научные школы с талантливыми учеными, компании которые осуществляют разработку и внедрение инноваций (НИОКР), специализированное государственные органы, развитая система законодательства, а также развитая промышленность, которая во многом и формирует спрос на инновации (см. рис. 2).



Рис. 2. Участники инновационных отношений

Отметим, что одной из составляющих инновационной экономики (помимо промышленного потенциала), является наличие развитой финансовой системы. Её роль в инновационной экономике значительна. Ведь именно благодаря банкам, страховым компаниям, инвестиционным фондам осуществляется финансирование большинства инновационных проектов, некоторые из которых требуют значительных инвестиций. Так в частности банки выдают кредиты на развитие инновационного

производства, а инвестиционные компании вкладывают в его создание, в форме венчурных фондов и т.д. Таким образом, институты финансовой системы являются одним из самых неотъемлемых участников инновационной экономики.

Однако встает вполне закономерный вопрос: какую роль выполняют коммерческие банки в современной рыночной экономике Российской Федерации, и помогают ли они развитию инновационного сектора?

Таким образом, в данной работе будет рассмотрена банковская система России как составляющая инновационной экономики.

Для начала проанализируем текущее состояние банковской системы России, которая фактически начала свое существование с 1991 года (с момента распада СССР).

За данный период произошел переход от одноуровневой банковской системы (или лицетворением которой был государственный банк) к двухуровневой (где центральный банк, контролирует деятельность коммерческих банков)

Особенностью банковской системы России является наличие большого количества коммерческих банков. Так в 90- е годы данный показатель составлял более 2000 банков. По данным центрального банка России на начало 2011 года количество коммерческих банков в России составляет – 1012. При том, что практически половину из них из них - 406 можно твердо отнести к мелким банкам, т.к. размер уставного капитала их не превышает 150 млн. руб. Количество банков на 1 января 2012 года составило 978, то есть за прошедший год сократилось еще на 34 банка (1012 - 978). Количество банков за последние 5 лет (с 2007 по 2012 годы) сократилось на 158 банков. Таким образом, очевидна тенденция к уменьшению количества коммерческих банков в России. Отметим, что по данному показателю Российская Федерация занимает 3 место в мире (см. рисунок 3, на котором представлены страны с наиболее крупным количеством коммерческих банков, а также Казахстан, как одна из наиболее успешных стран в банковском деле, на постсоветском пространстве).

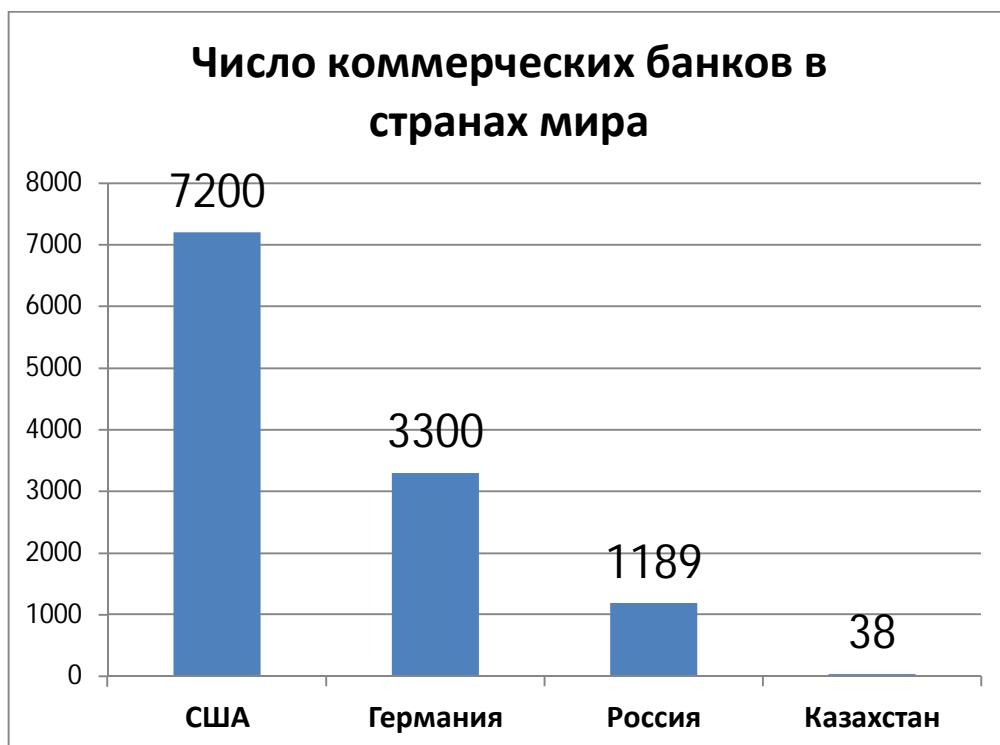


Рис. 3. Количество коммерческих банков в разных странах мира

Однако при анализе более «качественных» показателей (капитализация банковской системы, сумма чистых активов и т.д.), коммерческие банки России

уступают абсолютному большинству банков из стран с развитой экономикой. Так по данным журнала «Профиль» капитализация всей банковской системы России составляла на 2006 год 55 миллиардов \$, а США – 900 млрд. \$, Германии – 734млрд.\$, Великобритании – 570 млрд. \$. Таким образом, по данному показателю банки России уступают более чем в 20 раз банкам США.

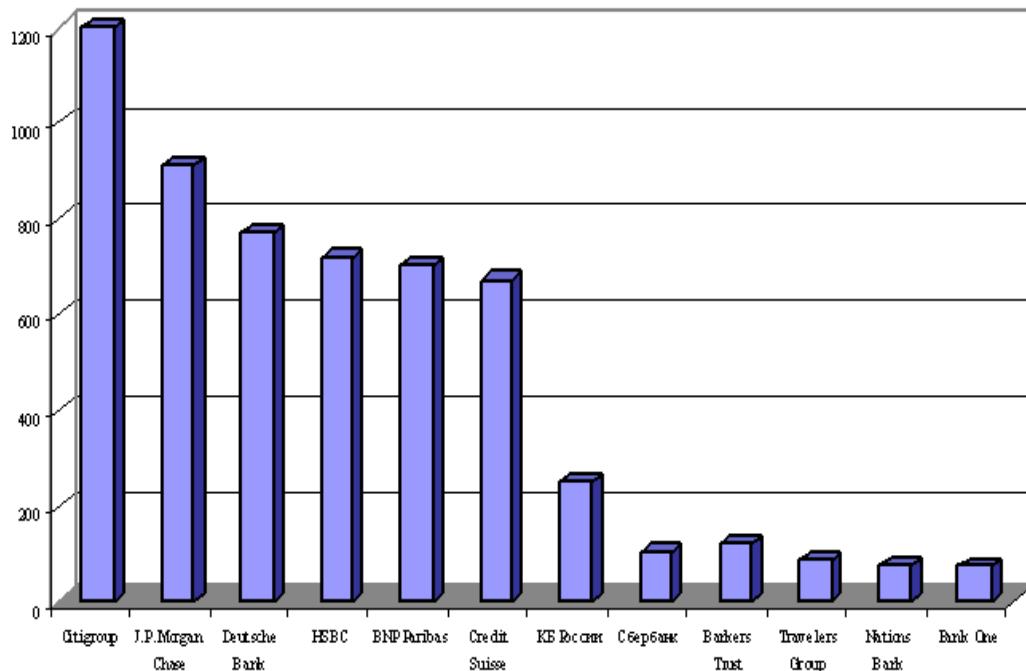


Рис. 4. Активы иностранных банков и банков России, млрд. долларов.

На рисунке 4 представлены суммы активов крупнейших банков мира, а также - всей банковской системы России и Сбербанка как крупнейшего коммерческого банка нашей страны. По данным рисунка видно, что крупнейшим банком мира (по суммарной стоимости активов) является банк Citigroup (суммарная стоимость активов составляет более 1200 млрд. \$), в то время как суммарная стоимость всех коммерческих банков в России (с учетом сбербанка) составляет порядка 350 млрд.\$.

Таким образом, «стоимость» банковского бизнеса в России не велика по сравнению со странами, которые инвестируют в инновации.

Одной из важнейших проблем является финансирование инновационных проектов. Инвестиций в инновации обладают повышенной степенью риска, и могут окупиться далеко не в первый год. Как правило, для финансирования подобных проектов привлекают и банковский капитал. Однако, в России получить долгосрочный кредит (на срок от 5 до 15 лет) для производства в современных условиях практически невозможно. Данное негативное явление для развития инновационной экономики России объясняется тем, что сами банки слабо заинтересованы кредитовать инновационные предприятия, которые по своей сути являются очень рискованными (венчурные фонды в нашей стране еще не сформировались как независимый и устойчивый финансовый институт).

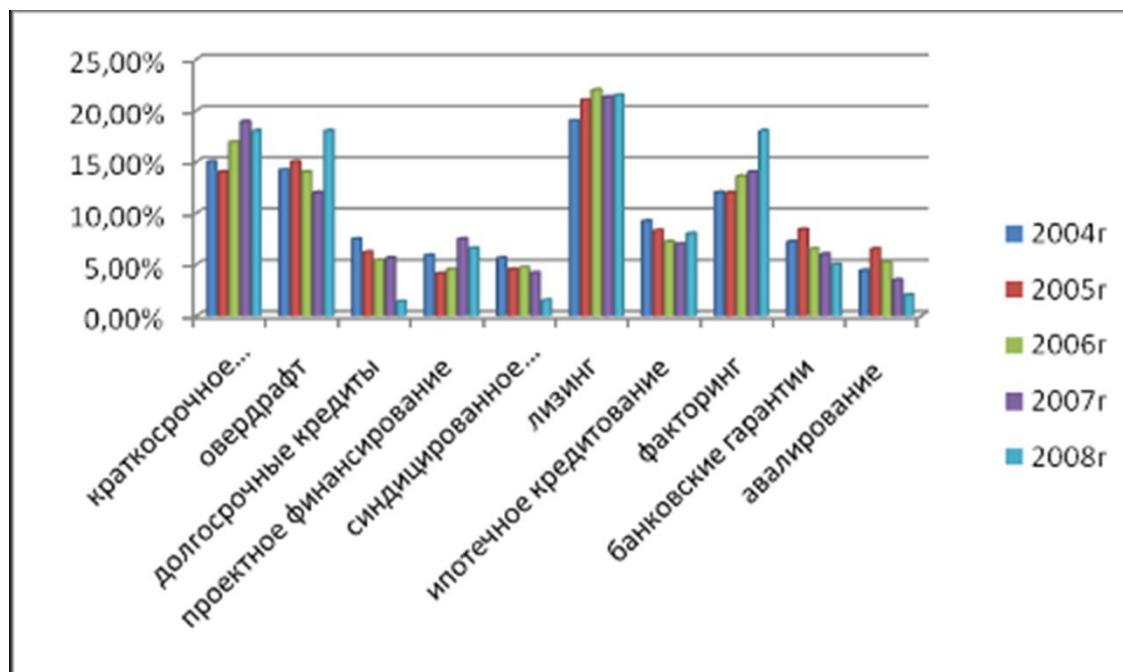


Рис.

5.Структура кредитных портфелей крупнейших банков России

На рисунке 5 представлена структура кредитных портфелей крупнейших банков России. По данным рисунка можно заметить, что в России наиболее развит рынок потребительского кредитования, который связан не с кредитованием инновационных проектов, а с кредитованием населения.

Таким образом, современный банковский капитал основывается не на промышленном, а на торговом капитале, что для формирования инновационной экономики является крайне неблагоприятным фактором.

Также слаборазвитой (по сравнению с системами западных стран) является так называемая система страхования вкладов. В России система страхования вкладов появилась не так давно — в конце 2003 года. Для сравнения в США такая система была основана еще в 1933 году.

Отмечу, что в 2003 году в России момент в случае банкротства банка, вкладчикам возвращалась сумма денежных средств не превышающая 400 тысяч рублей, в 2007 году, данная сумма стала 700 тысяч (антикризисная правительственная мера). В США данная сумма составляет 250 тысяч долларов, в Японии 10 миллионов иен, в Европе от 50 до 100 тысяч Евро.

Во многих странах наиболее распространенной мерой поддержки банков является вливание денежных средств в капитал. В частности в России во время мирового финансового кризиса в 2008 году на пополнение уставных капиталов российских банков из бюджета было потрачено 0,1% ВВП, что гораздо меньше, чем в странах с развитой экономикой, где этот показатель равен 2,9% ВВП.

Таким образом, при своем текущем состоянии банковской системы переход на инновационный уровень развития экономики невозможен.

Это объясняется некоторыми причинами: относительной молодостью банковского сектора России, нежеланием банков участвовать в кредитовании инновационных проектов, и тем более предприятий.

Для развития банковского сектора России можно предложить ряд мер. Отметим лишь некоторые из них. Так, например, для повышения заинтересованности предприятий хранить деньги в банках, необходимо увеличивать страховые выплаты предприятию в случае банкротства банка с текущих 700 тысяч рублей до 5 миллионов

рублей.

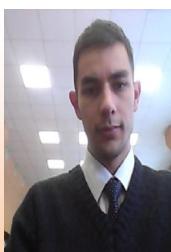
Отметим также, что со стороны банков и небанковских кредитных организаций необходимо постепенно убирать барьеры недоверия к инновационному сектору. Впоследствии создавать банки специализирующиеся исключительно на инновационные предприятия.

Таким образом, в России за последние 20 лет сложилась банковская и кредитная система, которая целиком и полностью основывается на опыте экономически развитых стран Западной Европы и США. Однако относительная молодость данных систем, не позволяет с полной уверенностью свидетельствовать о том, что сегодня в России банковский сектор может соответствовать требованиям инновационной экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бонюшко А.А.** Регулирование и нормирование научно-инновационной деятельности. Ин-т соц. -экон. проблем РАН, СПб, 1997, 160 стр.
2. **Глисин Ф.** Инновационная деятельность промышленных предприятий России в 1996г.// Вопросы статистики. - 1996. - №12.
3. **Лившиц В.Н., Виленский П.А., Смоляк С.А.** Теория и практика оценки инвестиционных проектов в условиях переходной экономики. М.: Дело, 2000.
4. **Суховей А.Ф.** Технополисы и технопарки за рубежом: опыт организации и управления. Екатеринбург, 1997.

ОБ АВТОРАХ



Кидрачев Руслан Наилевич, студент каф. Финансы денежное обращение и Экономическая безопасность УГАТУ. Исследования в области психологии (значение бренда), экономики (проблемы построения инновационной экономики), банковского дела и инвестиций.

e-mail: kidrachev@myrambler.ru



Крупина Майя Борисовна, ассистент кафедры Управление Инновациями, кандидат экономических наук.

КРИТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Галеева А. Э., Дзинтер Н. В.

В настоящее время во многих развитых странах на государственном уровне существует тенденция целенаправленного создания инновационных систем и развития новейших технологий. Правительства государств осуществляют формирование перечня приоритетных направлений развития науки, технологий и техники и критических технологий, на которых должны быть сконцентрированы основные усилия правительства, и в которые должны в первую очередь инвестироваться соответствующие бюджетные средства.

Приоритетные направления развития науки, технологий и техники России представляют собой узкий перечень, включающий в себя:

1. Безопасность и противодействие терроризму;
2. Индустрия наносистем;
3. Информационно-телекоммуникационные системы;
4. Науки о жизни;
5. Перспективные виды вооружения, военной и специальной техники;
6. Рациональное природопользование;
7. Транспортные и космические системы;
8. Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика [1].

Именно эти приоритетные направления определяют Перечень критических технологий (всего 27 технологий) Российской Федерации.

Критические технологии (КТ) - это комплекс межотраслевых (междисциплинарных) технологических решений, которые создают предпосылки для развития различных технологических направлений, имеют широкий потенциальный круг инновационных приложений в разных отраслях экономики и вносят в совокупности наибольший вклад в решение важнейших проблем реализации приоритетных направлений развития науки, технологий и техники [2].

Основной целью формирования, корректировки и реализации приоритетных направлений и перечня критических технологий является уточнение ориентиров развития отечественного научно-технического комплекса и национальной инновационной системы, исходя из национальных интересов России и тенденций мирового научного, технологического и инновационного развития, среднесрочных задач социально-экономического развития страны, разработки и реализации важнейших государственных программ и проектов [3].

Критические технологии позволяют добиться преимуществ в технологической сфере, что является важнейшим фактором обеспечения национальной безопасности страны и развития национальной экономики.

Сравнение уровня развития критических технологий России с США по выделенным технологическим направлениям, проведенное специалистами ГосНИИ авиационных систем, свидетельствует о наличии отставания от мирового уровня практически по всем направлениям. Вместе с тем в половине технологических направлений имеются значительные технические или приоритетные достижения в отдельных областях (таблица 1, [4]).

Таблица 1

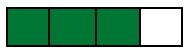
Сравнение уровня развития критических технологий России и США

№ п/п	Наименование технологического направления	Уровень технологии		Страна с наивысшим уровнем развития технологии
		России	США	
1	Технологии новых материалов			США
2	Микроэлектронные технологии			Япония
3	Оптоэлектронные технологии			США
4	Лазерные технологии			США
5	Радиоэлектронные технологии			США
6	Компьютерные технологии			США, Япония
7	Информационные технологии			США, Япония
8	Ядерные технологии			США, Россия
9	Технологии промышленного оборудования			*
10	Технологии двигательных установок			США
11	Технологии энергетики и энергосбережения			*
12	Технологии спецхимии и энергонасыщенных материалов			США
13	Биотехнологии			Япония
14	Уникальная экспериментальная база			США
15	Технологии обеспечения чистой среды обитания			*

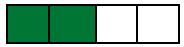
Условные обозначения



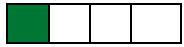
Высокий уровень развития технологии, мировое лидерство



Значительные технологические достижения, приоритетные достижения в отдельных областях



Общее отставание, определенные достижения в отдельных областях



Значительное отставание по важным аспектам

*

Ввиду многопрофильности технологического направления определить мирового лидера не представляется возможным

Таким образом, сравнивая развитие критических технологий в России и в США можно сделать вывод о необходимости обеспечения опережающего развития критических технологий в России.

Известно, что развитие КТ существенно влияет на уровень развития экономики любой страны, обеспечивая тем самым прирост валового внутреннего продукта (ВВП).

Для выявления роли критических технологий в развитии экономики страны рассмотрим рейтинг стран мира по уровню валового внутреннего продукта по паритету покупательной способности (ППС) (таблица 2, [5], [6]).

Таблица 2

Рейтинг стран по ВВП по паритету покупательной способности (2009г.)

Показатель	США	Китай	Индия	Япония	Германия	Россия
ВВП по ППС, млрд. долл.	14 119,1	9 057,4	4 141,5	4 107,8	2 814,2	2 118,1
Место, занимаемое страной в рейтинге	1	2	3	4	5	6
ВВП по ППС на душу населения, долл.	45 934	6 786	3 039	32 199	34 415	14 927
Место, занимаемое страной в рейтинге	7	94	126	25	20	52

В приведенном рейтинге рассматривается ВВП по ППС, т.к. в отличие от совокупного ВВП паритет покупательской способности позволяет учитывать соотношение валют разных стран, устанавливаемое по их покупательной способности применительно к определенному набору товаров и услуг, и таким образом, дает более полную информацию для сравнительного анализа. ВВП по ППС на душу населения приведено для объективной оценки развития стран, т.к. на сегодняшний день ВВП на душу населения является тем макроэкономическим показателем, который более точно и в полной мере отображает уровень жизни населения той или иной страны.

Россия в 2009г. по данным Всемирного банка занимала 6 место по ВВП (ППС) (52 место по ВВП (ППС) на душу населения) после США, Китая, Индии, Японии и Германии. За прошедшие годы (2009-2011) положение не изменилось, и вышеупомянутые страны сохранили свои лидирующие позиции, что представлено на рисунке 1 [5], [7].

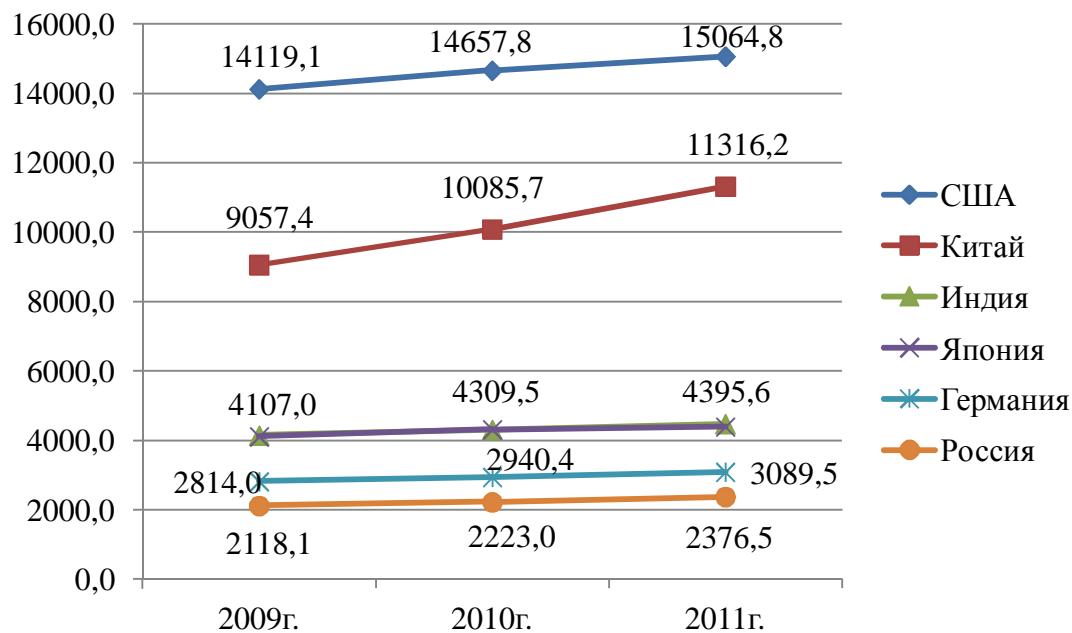


Рис. 1. Динамика ВВП по ППС стран мира за 2009-2011гг.

Причём за рассматриваемый период все перечисленные страны продемонстрировали весьма заметный рост ВВП. При этом наибольший темп роста, как и в предыдущие годы, отмечен у Китая (+111,35% в 2010г. и +112,2% в 2011г.), т.е. Китай по-прежнему отличается наиболее высокими темпами роста экономики и является страной динамичного развития.

Известно, что большая величина ВВП по ППС еще не говорит о том, что экономика страны является эффективной. Немаловажное значение имеет отраслевая структура ВВП, структура промышленности и производства.

Рассмотрим структуру ВВП (ППС) России по отраслям экономики и сравним с крупнейшими экономиками мира¹. Исходные данные для сравнения представлены в таблице 3 [7, 8, 9].

Таблица 3

Структура ВВП (ППС) по отраслям экономики (2009г.)

Структура ВВП (ППС) по отраслям экономики	США	Китай	Индия	Япония	Германия	Россия
сельское и лесное хозяйство, рыболовство и охота	0,90%	11,30%	17,00%	1,10%	1,10%	4,10%
промышленность	19,60%	42%	25,70%	22,80%	25,00%	25,60%
строительство	3,80%	5,70%	7,30%	6,20%	4,10%	5,40%
транспорт и связь	7,30%	5,50%	8,50%	6,50%	5,60%	8,40%
торговля, гостиницы, рестораны	18,80%	9,70%	15,00%	13%	12,40%	22,10%
финансовая деятельность, аренда и предоставление услуг	32,40%	5,60%	6,40%	18,10%	29,10%	15,00%
образование, здравоохранение, социальные услуги	12,20%	3,90%	3,50%	31,50%	11,60%	6%
прочие услуги	5,00%	16,3%	16,60%	0,60%	11,10%	13,4%

Графическое представление данных таблицы 3 приведено на рисунке 2.

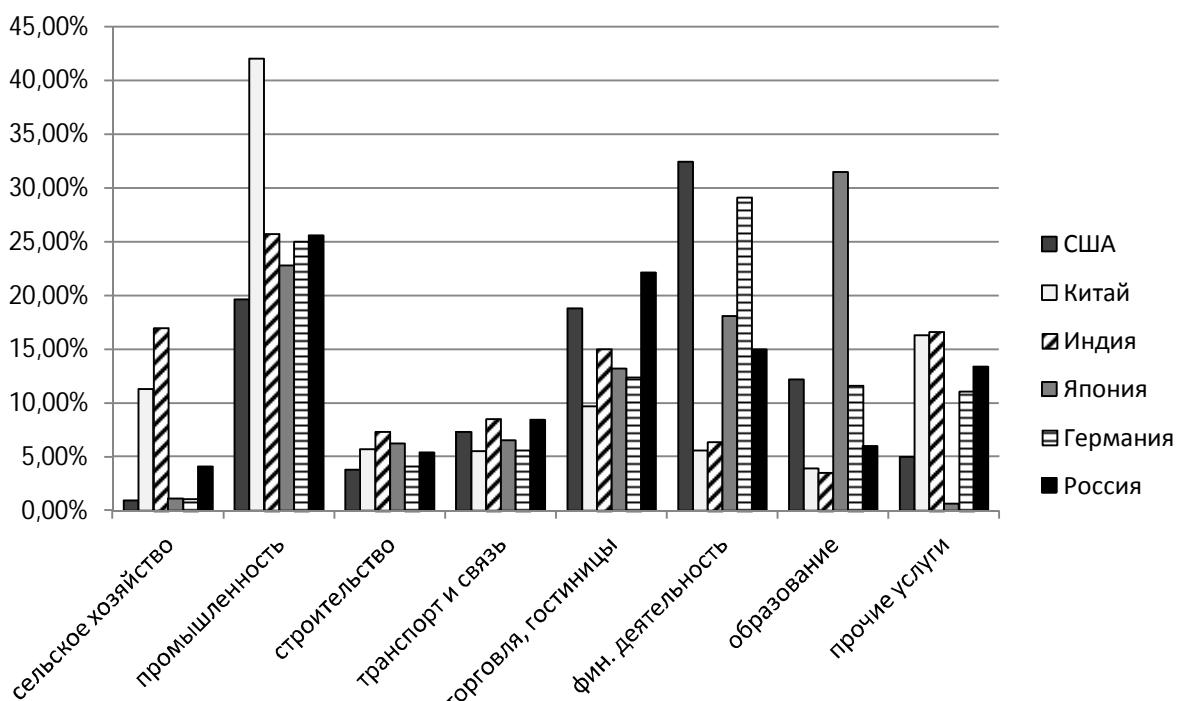
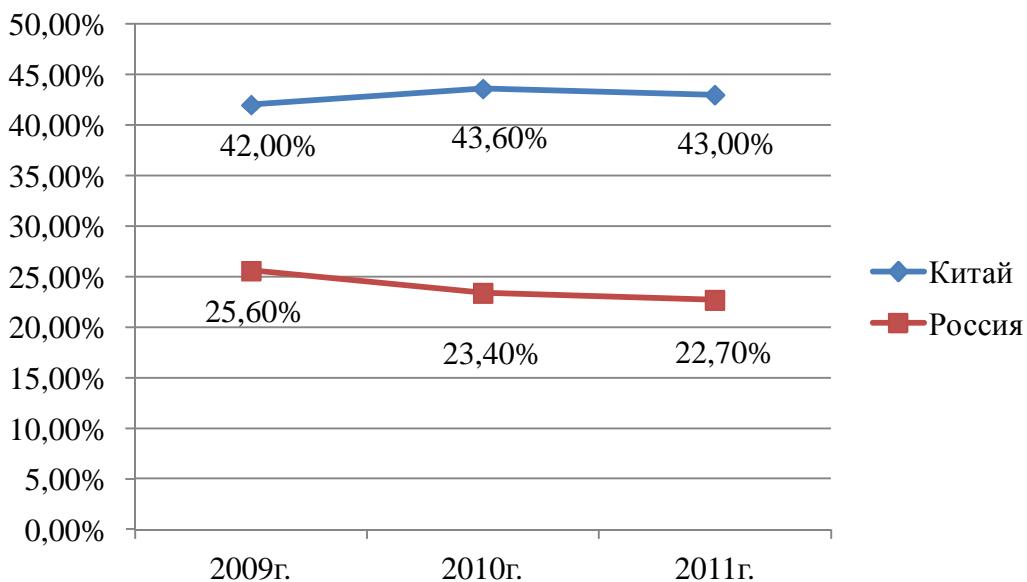


Рис. 2. Структура ВВП по отраслям (2009г.)

Анализ показал, что доля промышленности в структуре ВВП (ППС) крупнейших экономик мира весьма значительна и колеблется от 42% в Китае до 19,6% в США. В России этот показатель составляет 25,6%, т.е. четвертая часть ВВП (ППС) России формируется за счет промышленности. Лидером в данном вопросе является Китай, поэтому сравним динамику доли промышленности в структуре ВВП (ППС) России и Китая (рисунок 3).

¹ Анализ проводится по показателям 2009г., т.к. отсутствуют данные в полном объеме по рассматриваемым странам за 2010г.

**Рис. 3. Динамика промышленности Китая и России за 2009-2011гг.**

Доля промышленности в структуре ВВП (ППС) Китая составляла в 2009 году 42%, за 2010 год она выросла на 1,6%, а в 2011 году произошло небольшое снижение этого показателя на 0,6%. В то же время в России на всем протяжении рассматриваемого периода происходит постоянное снижения доли промышленности в структуре ВВП с -2,2% в 2010г. до -0,7% в 2011г.

Рассмотрим изменение структуры промышленности России за 2009-2010 гг.

Таблица 4**Структура промышленности России за 2009-2010 гг.**

Структура промышленности	2009 г.	2010 г.	Темп роста, %
- пищевая промышленность	19,30%	17,73%	91,87%
- машиностроение	19,10%	16,90%	88,48%
- нефтеперерабатывающая промышленность	18,50%	17,82%	96,32%
- металлургия	16,70%	16,44%	98,44%
- добыча полезных ископаемых	10,10%	18,51%	183,27%
- химическая промышленность	10,00%	8,97%	89,70%
- целлюлозно-бумажная промышленность	5,00%	2,37%	47,40%
- легкая промышленность	1,30%	1,26%	96,92%

Крупнейшими отраслями промышленности России в 2009 году являлись пищевая промышленность (19,3%), машиностроение (19,1%), нефтеперерабатывающая промышленность (18,5%), металлургия (16,7%), добыча полезных ископаемых (10,10%), химическая промышленность (10,0%). В 2010 году произошли изменения в структуре промышленности России, которые представлены на рисунке 4.

За рассматриваемый период времени происходит снижение доли большинства отраслей промышленности, за исключением такой отрасли, как добыча полезных ископаемых, темп роста которой составил в 2010 году 183,27%. Таким образом, уменьшение темпов роста промышленности в целом обусловлено снижением темпов роста всех важнейших отраслей экономики России. Причём наиболее низкие темпы роста наблюдались в машиностроении (88,48%) и целлюлозно-бумажной промышленности (47,4%).

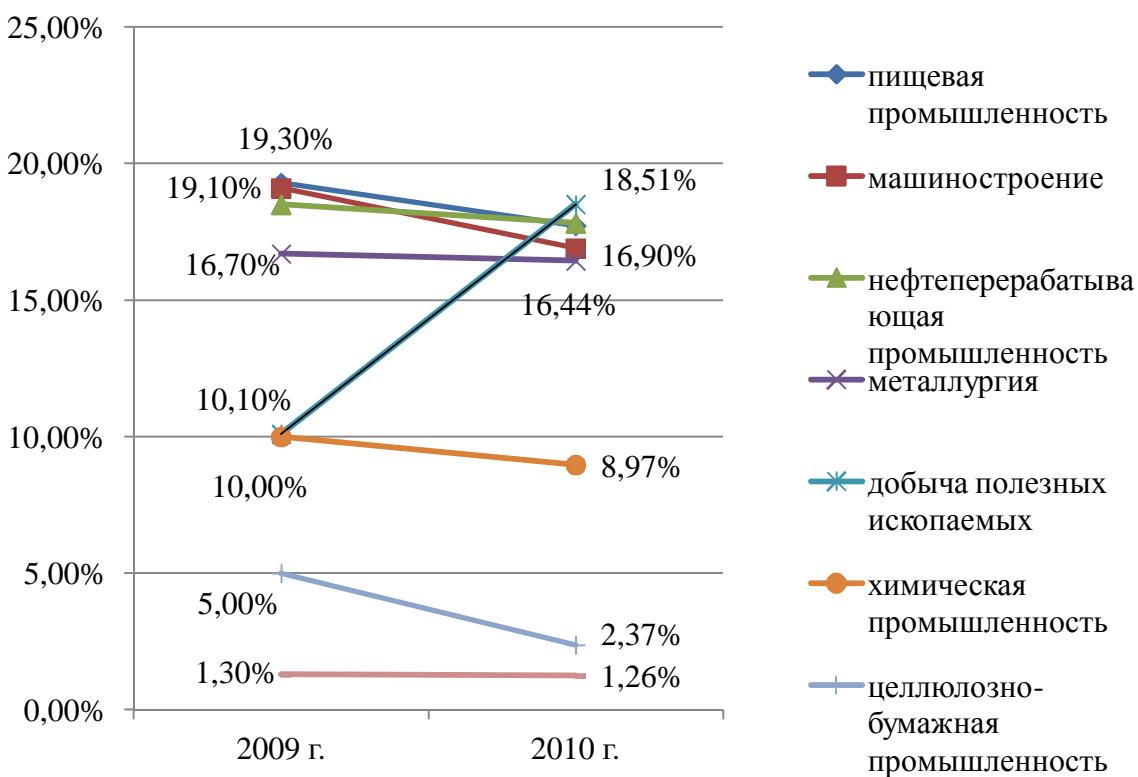


Рис. 4. Динамика отраслей промышленности России 2009-2010 гг.

Известно, что машиностроение занимает 1 место среди отраслей мировой промышленности и играет ключевую роль в промышленности развитых стран, так как является фундаментальным элементом экономики. Роль и значение машиностроения определяется, прежде всего, тем, что это базовая отрасль экономики страны, тесно взаимосвязанная с ведущими отраслями экономики, обеспечивающая их устойчивое функционирование и являющаяся основой технологического развития промышленности. От уровня развития машиностроительного комплекса зависят важнейшие удельные показатели валового внутреннего продукта страны (материалоемкость, энергоемкость и др.), производительность труда в других отраслях народного хозяйства, уровень экологической безопасности промышленного производства, а также обороноспособность страны.

Машиностроение, являясь одной из самых значимых отраслей России, в 2010 г. имело значительное снижение темпов роста (-11,52%) и, таким образом, не лучшим образом повлияло на состояние российской экономики в целом. Узким местом в развитии российского машиностроения являются низкие темпы освоения новых перспективных производственных (критических) технологий, которые являются основой формирования технологического ядра промышленности в целом.

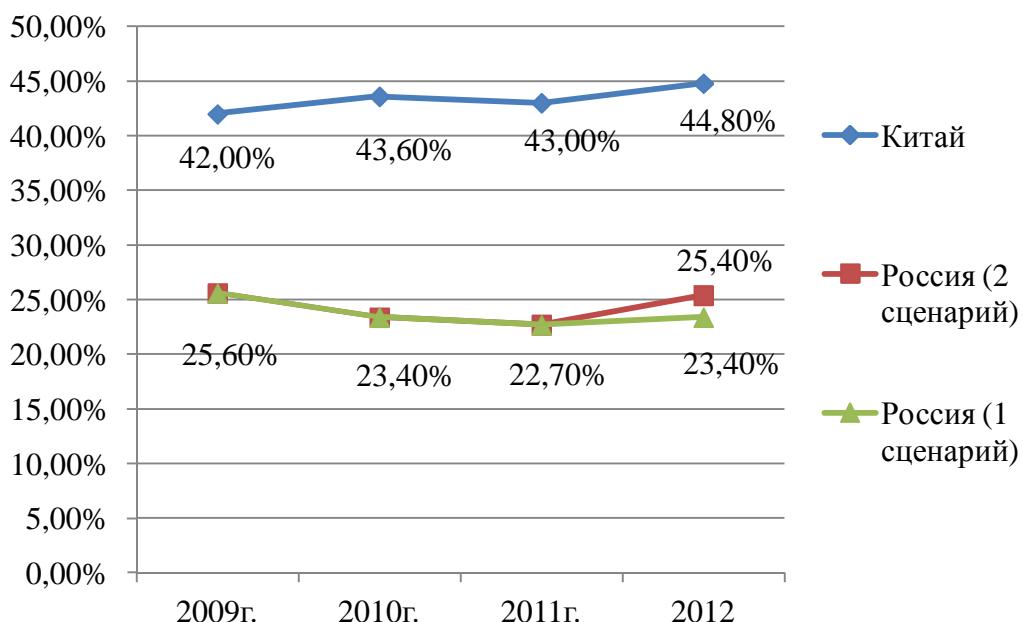
В создавшихся условиях остро стоит вопрос технологического совершенствования машиностроения, который наиболее благоприятным образом может быть решен на основе градиентного инвестиционного управления критическими технологиями.

На основе информации о динамике развития промышленности России и Китая за 2009-2011 гг. (рисунок 3), был сделан прогноз развития промышленности по двум сценариям. Первый сценарий рассматривает развитие промышленности России на основе традиционного ресурсного подхода. Второй рассматривает критические технологии в качестве особого ресурса модернизации экономики, управление которым осуществляется на принципах градиентного управления. Результаты прогноза представлены в таблице 5.

Таблица 5**Динамика промышленности России и Китая 2009-2012гг.**

Страна	2009г.	2010г.	2011г.	Прогноз 2012г.	
				1 сценарий (без применения КТ)	2 сценарий (с применением КТ)
Россия	25,6%	23,4%	22,7%	23,4%	25,4%
Китай	42,0%	43,6%	43,0%	44,8%	-

Таким образом, использование традиционного ресурсного подхода в управлении машиностроением позволит в 2012 году обеспечить траекторию развития с положительной динамикой, но при этом полученные результаты будут существенно отличаться от желаемых. Принципиально другие результаты будут получены при реализации второго сценария развития, при котором критические технологии рассматриваются как особый ресурс модернизации, управление которым осуществляется на принципах градиентного управления (рисунок 5).

**Рис. 5. Динамика промышленности России и Китая 2009-2012гг.**

Применение критических технологий в таких важнейших отраслях экономики России, как машиностроение, позволить достичь значительных результатов и в конечном итоге дать толчок развитию промышленности в целом, выводя страну в лидирующие позиции мировой экономики.

Россия, являясь страной с огромным потенциалом для развития, имеет возможность стать одной из крупнейших экономик мира, при этом, не опираясь лишь на сырьевую базу и нефтяную промышленность.

Применение критических технологий позволит выровнять динамику развития важнейших отраслей, сбалансировать структуру промышленности (ВВП), сделать её оптимальной для страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. http://www.extech.ru/library/spravo/razv_sci.php сайт ФГБНУ «НИИ Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы»
2. **Рошин А.А.** Роль критических технологий в обеспечении социально-экономического развития// Финансы и кредит, 2007, (12) 252, с. 65-70.
3. http://www.issras.ru/papers/Prior2011_Mindeli.php сайт Института проблем развития науки РАН. Л.Э. Миндели, С.И. Черных «Приоритетные направления развития и фундаментальная наука»
4. <http://www.techbusiness.ru/tb/archiv/number5/page15.htm> Интернет-журнал «Технологический бизнес»
5. <http://kaig.ru/rf/gdpr4.pdf> динамика ВВП с учетом паритета покупательной способности стран мира (1990-2010гг.)
6. http://vid1.rian.ru/ig/ratings/r_gdp_imf.pdf ВВП по ППС на душу населения 2009-2010гг.
7. <http://kaig.ru/frame5.pdf> Россия и страны мира в цифрах. Структура промышленности США 2009г.
8. <http://kaig.ru/frame4.pdf> Россия и страны мира в цифрах. Структура промышленности России 2009г.
9. <http://kaig.ru/> Россия и страны мира в цифрах.

ОБ АВТОРАХ



Галеева Алина Эльфировна, студент специальности «Экономика и управление на предприятии», УГАТУ

e-mail: oomka007@yandex.ru



Дзинтер Наталья Витальевна, старший преподаватель кафедры «Экономика предпринимательства»

e-mail: dzinter@inbox.ru

УДК 339.31

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНА ДЛЯ КОМПАНИИ СВЯЗИ

Смирнова Г. Е., Чувилина Е. В.

В принятии управленческих решений в области инвестирования оценка инвестиционной привлекательности занимает важное место. Цена ошибки здесь значительно выше, чем на этапах более поздних, например, при оценке эффективности инвестиционных решений. Поэтому необходимзвешенный, обоснованный методический

подход, адекватный современным условиям развития экономики и особенностям объекта оценки.

Для компаний отрасли связи одним из наиболее влияющих на повышение эффективности деятельности факторов является диверсификация (как продуктовая, так и географическая). При географической диверсификации оценка инвестиционной привлекательности субъекта крайне важна, поскольку необходимо определить субъект не только с достаточно высокой емкостью рынка, но и имеющий потенциал достижения стабильного спроса.

В настоящее время существуют различные методики оценки инвестиционной привлекательности отдельных экономических субъектов [2, 4, 5]. Краткая сравнительная характеристика различных методик приведена в табл. 1.

К основным преимуществам рассмотренных методик можно отнести:

1) учет различных факторов инвестиционной привлекательности (экономических, политических, социальных, ресурсно-сырьевых, производственных, инфраструктурных, инновационных, законодательных и др.), что позволяет использовать статистические данные и привязать оценку инвестиционного климата региона к условиям деятельности инвестора;

2) оценка инвестиционного риска;

3) измерение степени тесноты связи между показателями, за счет чего анализируются только значимые факторы и обеспечивается достоверность оценки;

4) расчет интегрального показателя, который дает однозначный ответ: в какой регион перспективнее инвестировать средства.

К возможным недостаткам методик были отнесены:

1) субъективность экспертных оценок;

2) ранговые оценки, не отражающие степень дифференциации между регионами;

3) статичность оценивания, которое осуществляется на конкретную дату, отсутствие возможности для прогнозирования.

В результате сравнительного анализа методик был определен перечень признаков, которыми характеризуется «идеальная» методика оценки инвестиционной привлекательности:

- разносторонний учет факторов инвестиционного потенциала и риска;
- однозначность результата, достигаемая благодаря расчету интегрального показателя;
- значимость выбранных показателей, подтвержденная корреляционно-регрессионным анализом;
- использование общедоступных статистических данных;
- простота способа оценки;
- непредвзятость, исключение субъективизма экспертных оценок;
- гибкость методики, возможность корректировки показателей.

Таблица 1

Сравнительный анализ методик инвестиционной привлекательности

Методика оценки инвестиционной привлекательности	Преимущества и недостатки, присущие методике		Преимущества			Недостатки	
	Факторный анализ	Оценка риска	Измерение корреляции между признаками	Расчет интегрального показателя	Экспертное оценивание	Ранговые оценки	Статичность метода
Методика рейтингового агентства «Эксперт РА»	+	+	+		+	+	+
Методика И.А. Бланка	+	+		+			+
Методика Гарвардской школы бизнеса	+	+		+	+		+
Методика журнала «Euromoney»	+		+	+	+		+
Методика «Инвестиционной газеты»	+	+	+		+		+
Методика Экономического департамента Банка Австрии	+	+		+	+	+	+
Методика В.Е. Андреева	+	+		+		+	+
Методика И.В. Тихомировой	+	+		+			+
Методика Т.М. Смаглюковой	+	+	+	+	+	+	+
Модель, включающая экономическую и рисковую составляющие	+	+	+	+	+	+	+
Метод анализа иерархий	+			+	+	+	+

В данной работе предлагается методика оценки инвестиционной привлекательности регионов с целью диверсификации интернет-услуг компании связи, максимально учитывая сформированные выше требования.

Выход на новый географический рынок услуги интернет-провайдинга для компаний связи представляет повышенный интерес, особенно со стратегической точки зрения, так как объем доходов от подключения и пропуска трафика за последние годы имеет не только возрастающие, но и опережающие темпы роста по сравнению с доходами от услуг связи (табл. 2). Вызвано это, кроме всего прочего, развитием интернет-коммерции, облачных технологий, «бумом» продаж различных гаджетов с выходом в интернет. Согласно прогнозу экспертов [1] в период до 2016 г. российский интернет-трафик будет расти заметно быстрее общемирового и в результате увеличится более чем впятеро по сравнению с 2010 г. (глобальный интернет-трафик за тот же период вырастет вчетверо).

Таблица 2

Динамика доходов от услуг связи, в т.ч. доходов от интернет-услуг [7]

Наименование показателя	2007	2008	2009	2010	2011
Объем услуг связи - всего, млрд. руб.	833,2	1035,9	1221,5	1274,3	1355,5
Объем услуг связи, в % к предыдущему году	–	124	118	104	106
Объем услуг связи, в % к 2007 г.	–	124	147	153	163
Объем услуг по присоединению и пропуску трафика, млрд. руб.	85,1	136,9	163,8	176,7	186,7
Объем услуг по присоединению и пропуску трафика, в % к предыдущему году	–	161	120	108	106
Объем услуг по присоединению и пропуску трафика, в % к 2007 г.	–	161	192	208	219

Концепция разработанной методики оценки инвестиционной привлекательности регионов РФ с учетом специфики отрасли связи приведена в табл. 3.

Таблица 3

Методика оценки инвестиционной привлекательности регионов

Оценка инвестиционной привлекательности федеральных округов	Оценочные показатели инвестиционной привлекательности федеральных округов (V_{ij})	
	Показатели распространения интернета	Показатели активности пользователей
	- проникновение интернета; - стоимость доступа в интернет; - число доменов на тысячу пользователей.	- активность интернет-СМИ; - присутствие организаций в интернете; - развитие региональных ресурсов; - доля бизнес-сайтов; - охват социальных сетей.
	Расчет интегральных показателей (IV_j) инвестиционной привлекательности федеральных округов	
Ранжирование федеральных округов, выбор приоритетного		
Оценка инвестиционной привлекательности регионов	Оценочные показатели инвестиционной привлекательности регионов (Π_{kl})	
	Показатели инвестиционной привлекательности регионов	Показатели инвестиционного риска регионов
	- темп роста инвестиций в основной капитал; - среднедушевой месячный доход населения.	- количество действующих на региональном рынке интернет-провайдеров; - индекс инвестиционного риска.
	Расчет средних значений оценочных показателей ($\bar{\Pi}_l$), среднеквадратических отклонений (σ_l), нормированных показателей (Π_{kl}^{nop})	
	Определение «эталонных» значений показателей (Π_l^{em})	
	Таксонометрическая оценка (O_k)	
	Ранжирование регионов	

Предлагаемый методический подход к оценке инвестиционной привлекательности региона для компании связи включает:

1. Выбор направления инвестирования. Осуществляется с учетом специфики деятельности компании, стратегии развития. По предлагаемой методике в данной работе оценивается инвестиционная привлекательность регионов для услуги интернет-провайдинга компании связи.
2. Определение перечня индикаторов, характеризующих развитие услуги интернет-провайдинга.
3. Расчет интегральных показателей инвестиционной привлекательности федеральных округов по формуле многомерной средней:

$$IV_j = \sum_{i=1}^n \left(\frac{V_{ij}^{\Phi O}}{V_i^{P\Phi}} \right) / n, \quad (1)$$

где IV_j – интегральный показатель j -го федерального округа;

j – количество федеральных округов, $j=7$;

$V_{ij}^{\Phi O}$ – значение i -го показателя для j -го федерального округа;

$V_i^{P\Phi}$ – значение i -го показателя в среднем по России;

n – количество рассматриваемых показателей.

Применение многомерной средней позволяет привести разноразмерные показатели к сопоставимому виду.

4. Ранжирование федеральных округов по убыванию интегрального показателя инвестиционной привлекательности. Выбор наиболее привлекательного для инвестирования федерального округа по критерию максимума интегрального показателя.

5. Таксонометрическая оценка регионов (субъектов) федерального округа, имеющего максимальный интегральный показатель инвестиционной привлекательности, осуществляется следующим образом. Отбираются существенные факторы инвестиционного потенциала и риска регионов, которые должны быть пронормированы:

$$\Pi_{kl}^{hop} = \frac{\Pi_{kl} - \bar{\Pi}_l}{\sigma_l}, \quad (2)$$

где Π_{kl}^{hop} – нормированное значение l -го показателя для k -го региона;

Π_{kl} – значение l -го показателя инвестиционного потенциала (риска) для k -го региона;

$\bar{\Pi}_l$ – среднее значение l -го показателя по федеральному округу;

σ_l – среднеквадратическое отклонение l -го показателя.

После процедуры нормирования определяются «эталонные» значения (Π_l^{sm}) в зависимости от оптимальной величины показателей:

$$\Pi_l^{sm} = \max(\min) \Pi_{kl}^{hop}. \quad (3)$$

Итоговая таксонометрическая оценка (O_k) рассчитывается как сумма квадратов отклонений нормированных значений показателей от «эталонных»:

$$O_k = \sum_{l=1}^m (\Pi_{kl}^{hop} - \Pi_l^{sm})^2, \quad (4)$$

где m – количество рассматриваемых показателей.

Заключительное ранжирование регионов осуществляется по принципу: чем меньше отклонение от «эталона», тем более инвестиционно-привлекательным является экономический субъект.

Далее приводится оценка инвестиционной привлекательности регионов для услуги интернет-провайдинга по предлагаемой методике.

Инвестиционную привлекательность федеральных округов предлагается оценивать по двум группам показателей: уровню распространения интернета и активности пользователей.

Показатели распространения интернета включают следующие:

- проникновение интернета – отношение месячной аудитории интернета в регионе к населению региона;

- стоимость доступа в интернет – средняя стоимость проводного доступа в интернет на скорости 1 Мбит/с в крупнейших городах округа;

- число доменов на тысячу пользователей – отношение числа доменных имён второго уровня в зонах .RU и .РФ, зарегистрированных в регионе, к месячной аудитории региона.

Показатели активности пользователей – это:

- активность интернет-СМИ – отношение среднего числа новостей, публикуемых онлайн-СМИ региона в будний день, к общему числу СМИ данного региона;

- присутствие организаций в интернете – отношение числа организаций с сайтом к общему количеству организаций в регионе;

- развитие региональных ресурсов – темп прироста количества сайтов в регионе за год;

- доля бизнес-сайтов – отношение количества сайтов бизнес-тематики к общему количеству сайтов региона;
- охват социальных сетей – отношение совокупной месячной аудитории трёх крупнейших социальных сетей рунета (ВКонтакте, Одноклассники и Мой мир) в регионе к месячной аудитории интернета в регионе.

В табл. 4 приведены оценочные показатели инвестиционной привлекательности федеральных округов РФ [3].

Таблица 4
Оценочные показатели инвестиционной привлекательности федеральных округов

Наименование показателя	ЦФО	СЗФО	ЮФО	ПФО	УФО	СФО	ДФО	РФ
Показатели распространения интернета								
Проникновение интернета, %	43	53	43	44	45	43	48	44
Стоимость доступа в интернет, руб./мес.	49	98	128	62	94	76	507	145
Число доменов на 1000 пользователей, ед.	75	43	29	36	50	35	39	45
Показатели активности пользователей								
Активность СМИ, сообщений на издание в день	7,1	10,4	11,4	10,8	14,6	12,4	15,0	10,9
Присутствие организаций в интернете, %	37	26	34	41	33	39	34	36
Развитие региональных ресурсов, %	15	9	17	14	18	13	5	14
Доля бизнес-сайтов, %	48	33	43	47	53	39	35	45
Охват социальных сетей, %	93,2	96,0	95,4	94,9	95,9	95,5	93,6	94,9

Расчет интегральных показателей инвестиционной привлекательности федеральных округов (табл. 5) ведется в относительных величинах, поэтому возможно сопоставление привлекательности любого региона с РФ в целом и с другими регионами. Если интегральный показатель округа больше единицы, это означает, что его инвестиционная привлекательность выше, чем в среднем по России, и наоборот.

Таблица 5
Интегральные показатели инвестиционной привлекательности

Федеральный округ	ЦФО	СЗФО	ЮФО	ПФО	УФО	СФО	ДФО	РФ
Интегральный показатель	1,138	0,944	0,988	1,068	1,152	1,032	0,613	1,000

Максимальный интегральный показатель, равный 1,152, принадлежит Уральскому федеральному округу, дальнейший анализ проводится в разрезе его субъектов.

Объективные возможности и ограничения проникновения на новый географический рынок интернет-провайдинга, существующие для компании связи, предлагается оценивать следующими показателями:

- темп роста инвестиций в основной капитал региона за период с 1 полугодия 2011 г. по 1 полугодие 2012 г. – характеризует уровень инвестиционной активности в регионе. Темповые индикаторы меньше подвержены межрегиональным различиям в отраслевой структуре экономики регионов, в отличие абсолютных или душевых объемов инвестиций.

- среднедушевой месячный доход населения региона по данным на 1 полугодие 2012 г. – является фактором инвестиционного потенциала, поскольку основным стимулом диверсификации деятельности любого предприятия становится платежный потребительский спрос.

- количество действующих на региональном рынке интернет-провайдеров – является показателем риска, характеризует уровень конкуренции, который в отрасли связи имеет первостепенное значение.

- индекс инвестиционного риска региона (включающий социальный, экономический, финансовый, криминальный, экологический, управленческий риски), рассчитываемый рейтинговым агентством «Эксперт РА» [6], по данным на конец 2011 г.

Описанные показатели инвестиционного потенциала и риска неоднозначно влияют на принятие компанией связи решения о диверсификации услуг в том или ином регионе (неясно, что лучше: когда темп роста инвестиций в основной капитал региона и среднедушевой доход населения высоки, или когда практически нет конкурентов). Это противоречие предлагается устранить таксонометрической оценкой региональной инвестиционной привлекательности. Исходные данные для таксонометрической оценки [6, 7, 8] представлены в табл. 6.

Таблица 6
Данные для оценки инвестиционной привлекательности региона

Показатель Регион	Темп роста инвестиций в основной капитал, %	Среднедушевой месячный доход населения, руб.	Количество действующих интернет- provайдеров	Индекс инвестиционного риска
Курганская область	115,4	17 062	11	0,355
Свердловская область	97,4	24 083	56	0,266
Тюменская область	105,0	22 850	35	0,242
Ханты-Мансийский АО	110,9	31 891	8	0,261
Ямало-Ненецкий АО	150,6	37 345	9	0,269
Челябинская область	105,1	19 138	47	0,272
Среднее значение \bar{P}_l	114,1	25 395	28	0,278
Среднеквадратическое отклонение σ_l	17,3	7 092	19	0,036

Результаты нормирования показателей приведены в табл. 7.

Таблица 7
Нормированные показатели инвестиционной привлекательности региона

Показатель Регион	Темп роста инвестиций в основной капитал, %	Среднедушевой месячный доход населения, руб.	Количество действующих интернет- provайдеров	Индекс инвестиционн ого риска
Курганская область	0,077	-1,175	-0,862	2,153
Свердловская область	-0,966	-0,185	1,465	-0,319
Тюменская область	-0,524	-0,359	0,379	-0,986
Ханты-Мансийский АО	-0,184	0,916	-1,017	-0,458
Ямало-Ненецкий АО	2,117	1,685	-0,965	-0,236
Челябинская область	-0,520	-0,882	1,000	-0,153
Эталонное значение \bar{P}_l^{sm}	2,117	1,685	-1,017	-0,986

В табл. 7 строка «эталонное значение» – это оптимальное (наибольшее или наименьшее) значение соответствующего нормированного показателя. Для показателей

темпа роста инвестиций и дохода эталонными являются наибольшие значения (2,117 и 1,685 соответственно), а для количества действующих конкурентов и индекса инвестиционного риска – наименьшие (-1,017 и -0,986 соответственно).

Итоговую таксонометрическую оценку (O_k) представляет собой сумму квадратов отклонений нормированных показателей каждого региона от соответствующих значений «эталонного региона», которая должна стремиться к минимуму. По результатам таксонометрической оценки составлен рейтинг анализируемых регионов Уральского федерального округа по убыванию инвестиционной привлекательности (табл. 8).

Таблица 8**Рейтинг регионов Уральского федерального округа**

Регион	Отклонение от эталона	Место в рейтинге
Ямало-Ненецкий АО	0,565	1
Ханты-Мансийский АО	6,164	2
Тюменская область	13,100	3
Челябинская область	18,308	4
Свердловская область	19,611	5
Курганская область	22,221	6

Разработанная методика предлагает взвешенный подход к обоснованию целесообразности инвестиций в диверсификацию интернет-услуг компаний связи. В век информатизации объемы данных, передаваемых через информационно-телекоммуникационную инфраструктуру, увеличиваются более чем в два раза каждые два года. От развития связи зависит улучшение благосостояния общества и повышение эффективности производства, следовательно, очевидна актуальность адекватного выбора регионов с высоким потенциалом спроса и недостаточным предложением.

Особенностью оценки инвестиционной привлекательности экономических субъектов с применением предложенного подхода является универсальность, то есть возможность корректировки состава показателей в зависимости от направления инвестирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2011-2016// [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-481360_ns827_Networking_Solutions_White_Paper.html
2. Гришина И., Шахназаров А., Ройзман И. Комплексная оценка инвестиционной привлекательности и инвестиционной активности российских регионов: методика определения и анализа взаимосвязей // Инвестиции в России. – 2001. – № 4.
3. Информационный бюллетень «Развитие интернета в регионах России. Весна 2012» // [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://download.yandex.ru/company/ya_regions_report_spring_2012.pdf
4. Панасейкина В.С. Оценка инвестиционной привлекательности территориальных образований: основные концепции // Общество: политика, экономика, право. – 2010. – № 2.
5. Смаглюкова Т.М. Экономические проблемы регионов и отраслевых комплексов // Проблемы современной экономики. – 2007. – № 3 (23).
6. «Рейтинг инвестиционной привлекательности регионов России». – Рейтинговое агентство «Эксперт РА». – 2011.
7. Статистический сборник «Социально-экономическое положение России». –

Федеральная служба государственной статистики. – 2012.

8. Портал об интернет-провайдерах // [Электронный ресурс] / Режим доступа:
<http://101internet.ru/>

ОБ АВТОРАХ



Смирнова Галина Евгеньевна, студентка 5 курса специальности «Экономика и управление на предприятии связи» ИНЭК УГАТУ. Исследования в области инвестиционного анализа, оценки инвестиционной привлекательности.

e-mail: g-smirnova@rambler.ru



Чувилина Евгения Владимировна, ст. преподаватель каф. Экономики предпринимательства ИНЭК УГАТУ, дипл. экономист-менеджера (УГАТУ, 2001). Исследования в области оценки инвестиций, управления проектами, формирования портфеля инвестиционных проектов.

e-mail: zenac@mail.ru

УДК 03.33.338

СУЩНОСТЬ И КЛАССИФИКАЦИЯ РИСКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ОБЪЕКТА ТЭК

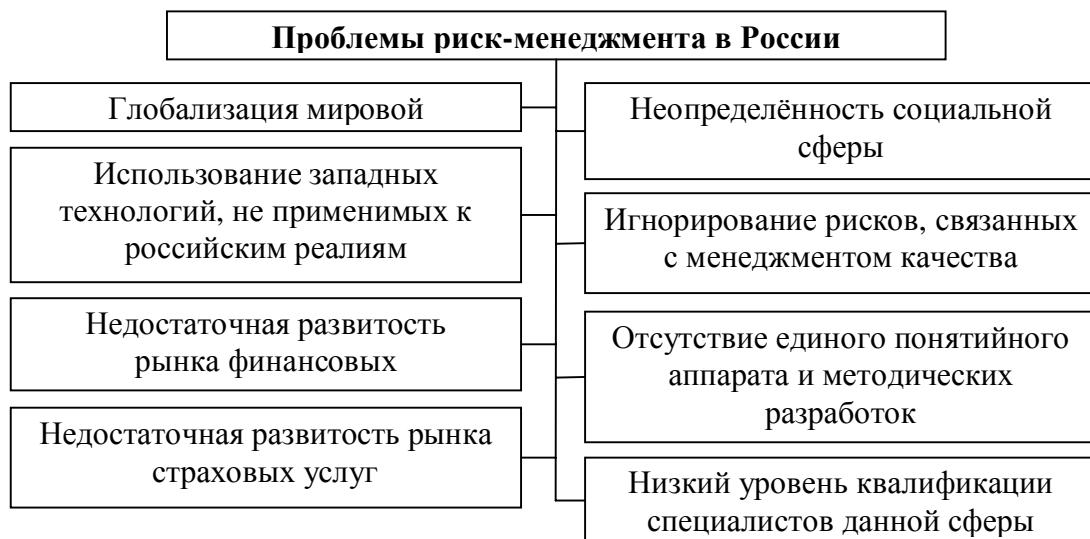
Салимянов С. И.

1. Введение

В результате проведения рыночных реформ в отечественной экономике сформировались новые условия функционирования промышленных предприятий различных отраслей промышленности, характеризующиеся высоким уровнем неопределенности, когда число и разнообразие видов рисков возрастает, – в связи с этим российские предприятия вынуждены были взять на себя работу по их управлению.

В свете данного факта, коммерческое содержание получают различные технические задачи: диспетчерское управление, планирование объемов выработки, отношения с потребителями и др. Для энергетики, как сферы бизнеса, появляется необходимость в решении таких рыночных задач: определение номенклатуры и ассортимента товара, определение цен на продукцию, определение типа рынка (краткосрочный, долгосрочный), разработка стратегии поведения на рынке и др. Поэтому способность компаний эффективно управлять рисками является одним из решающих преимуществ в условиях конкуренции на рынке.

К основными проблемам риск-менеджмента в России в настоящее время, следует отнести проблемы, представленные на рис.1:

**Рис. 1.** Основные проблемы риск-менеджмента в России

Для обеспечения устойчивого развития и выполнения стратегических целей отрасли необходимо уметь грамотно управлять рисками. Каждое предприятие самостоятельно определяет уровень приемлемого риска, выбирает инструменты и методы, позволяющие избежать или снизить потери. В этих условиях обеспечение надежности энергоснабжения невозможно осуществить без формирования системы риск-менеджмента на энергопредприятиях. Выявить и оценить риски конкретного предприятия, найти эффективные методы управления ими – это сложная научная и практическая задача.

2. Анализ характерных рисков энергетических предприятий

Электроэнергетика является базовой отраслью российской экономики, обеспечивающей электрической и тепловой энергией внутренние потребности промышленности и населения, а также осуществляющей экспорт электроэнергии в ближнее и дальнее зарубежье.

В процессе управления рисками электроэнергетики необходимо учитывать специфические особенности, характерные для рынка электроэнергии:

- совпадение во времени процессов производства и потребления электроэнергии и равенство объема выработанной и потребленной электроэнергии в каждый момент времени;
- невозможность запасания электроэнергии в достаточных в масштабе энергосистемы количествах;
- невозможность заранее точно оговорить объемы генерации и потребления электроэнергии;
- невозможность с физической точки зрения определить, кто произвёл электроэнергию, использованную потребителем [3].

В электроэнергетической отрасли России не всегда возможно заранее дать точную количественную оценку рискам, а методы определения её степени еще не отработаны. В связи с этим возникают трудности в сфере минимизации рисков и оценки затрат на управление ими. Первым шагом на пути управления рисками, является выявление специфических рисков и их классификация

В настоящее время насчитывается более 40 различных критериев классификации рисков и более 220 видов рисков, при этом один и тот же вид риска может обозначаться разными терминами, поэтому в экономической литературе нет единого понимания данного вопроса. Каждая производственно-хозяйственная система своеобразна, а состав рисков изменчив, поэтому в идеале, на каждом отдельном предприятии должна разрабатываться своя система ранжирования рисков на основе общей классификации. Однако, все факторы можно разделить на 2 группы: внутренние и внешние.

Структура рисков предприятия энергетического сектора представлена на рис. 2

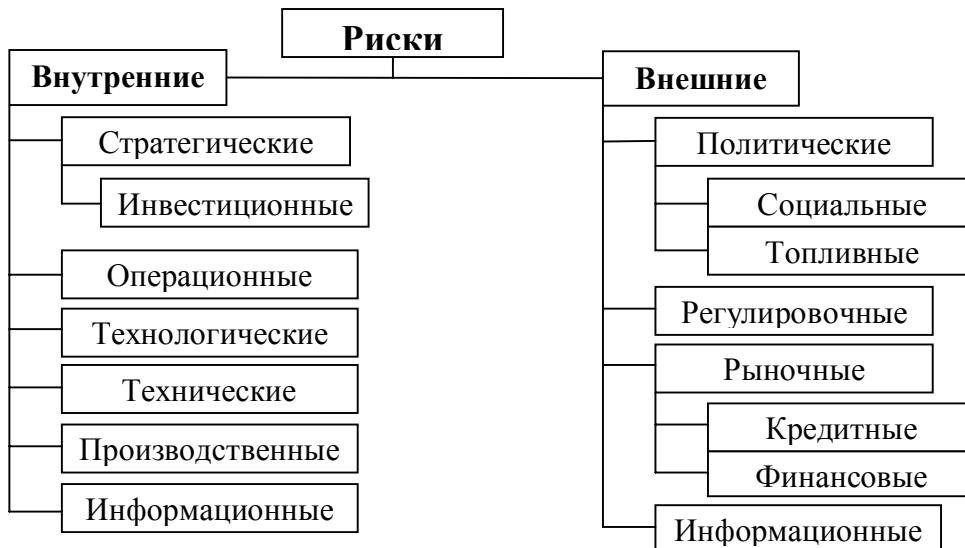


Рис. 2. Структура рисков энергетического предприятия

Рассмотрим более подробно риски, присущие российским энергетическим предприятиям. Вначале обратимся к внутренним рискам предприятия.

Стратегический риск связан с разработкой и воплощением бизнес-решений и зависит от того, как управленческий аппарат анализирует внешние факторы, оказывающие влияние на стратегическое развитие бизнеса. Одним из основных стратегических рисков, является инвестиционный риск.

Инвестиционный риск – это риск недополучения прибыли при осуществлении инвестиционного проекта. Минимизировать его возможно в случае перехода на сооружение установок комбинированного энергоснабжения небольшой мощности с использованием прогрессивных газотурбинных установок. К этой группе риска можно отнести: риски проектного финансирования; риск незавершения проекта; риск отсутствия ресурсов для обеспечения рентабельности проекта; риск отсутствия спроса на продукт проекта по цене, которая сделает возможной оплату долга; риск изменения кредитоспособности; риск технических затруднений в процессе конструкции и обнаружения дефектов в момент операционной деятельности и др.

Операционный риск – это риск прямых или косвенных потерь, который может быть вызван ошибками или несовершенством процессов, систем в организации, недостаточной квалификацией персонала, неблагоприятными внешними событиями нефинансовой природы, как правило, связанны с производством электроэнергии (мощности) и не хеджируются, так как отсутствуют соответствующие им рыночные инструменты. Управление данным типом рисков обычно осуществляется путем страхования, созданием внутренней системы контроля, непрерывным совершенствованием технологий, регулярным техническим обслуживанием оборудования, повышением квалификации персонала, планированием действий при возникновении чрезвычайной ситуации.

Технологические риски, выражающиеся в случайных или преднамеренных сбоях в работе оборудования, обусловлены спецификой производства и передачи продукции. Причинами его возникновения могут быть неверный выбор технологического оборудования, ошибки при проектировании, неграмотное управление техническим персоналом и др. Незначительные нарушения технологических процессов могут повлечь за собой аварии различной степени тяжести вплоть до человеческих жертв и экологических катастроф. Снизить влияние данного вида риска возможно с помощью

осуществления мер безопасности использования технологического оборудования, своевременного ремонта неисправного оборудования и т.д.

Технический риск определяется степенью организации производства, проведением превентивных мероприятий, таких как регулярная профилактика и ремонт оборудования и проявляется в виде угрозы отказов оборудования, перерывов в подаче энергии потребителям, снижении технической надёжности электро- и теплоснабжения. Технические риски классифицируются по степени:

- вероятности потерь вследствие отрицательных результатов научно-исследовательских работ;
- вероятности потерь в результате не достижения запланированных технических параметров в ходе конструкторских и технологических разработок;
- вероятности потерь в результате низких технологических возможностей производства, что не позволяет освоить результаты новых разработок;
- вероятности потерь в результате возникновения при использовании новых технологий и продуктов побочных или отсроченных во времени проявления проблем;
- вероятности потерь в результате поломок оборудования и т. д.

Энергетическая отрасль является высокотехнологичной и требует высокой квалификации персонала. В настоящее время сложилась напряженная ситуация с трудовыми ресурсами. Можно выделить следующие:

- низкой компетентностью многих топ-менеджеров;
- увеличивающимся дефицитом квалифицированных рабочих кадров;
- резким снижением профессионального уровня подготовки и потерей престижности инженерного труда;
- оттоком из отрасли молодых перспективных специалистов.

Для решения кадрового вопроса необходимо осуществить следующие меры: создать привлекательную корпоративную среду с возможностью реализации профессионального потенциала сотрудников; осуществлять адресные инвестиции в наиболее квалифицированных и перспективных менеджеров и специалистов для решения актуальных задач; разработать и внедрить корпоративные стандарты управления [2].

Производственные риски – риски потерь вследствие существования неадекватных систем и процедур управления, человеческого фактора или ошибок менеджмента. Для управления данными рисками используются операционные правила и процедуры, утвержденные в виде документа и доведенные руководством до исполнения персоналом и/или аудиторским органом. Часто практикуются формальное взаимодействие по дисциплинарным вопросам и встречи между сторонами для обеспечения более полного контроля и управления операционными рисками в связи с существованием более широких (например, рыночных) рисков, и наоборот. Выбор инструментов для управления производственными рисками в большинстве своем зависит от понимания собственной производственной деятельности, спецификаций производителя и любого предыдущего технического анализа и/или соответствующего опыта.

Информационные риски – риски, связанные с использованием информационных систем, Информационные технологии сейчас активно используются в электроэнергетике. В связи с этим особое внимание следует обратить на управление рисками, связанными с использованием информационных систем.

Как правило, при использовании ИТ-технологий возникают следующие проблемы:

- финансовое мошенничество;
- промышленный шпионаж;
- техногенные катастрофы;
- разглашение конфиденциальной информации;
- ошибки в программном обеспечении;
- ошибки персонала;
- вирусы;

- действия злоумышленников;
- неправомерное использование информационных систем;
- физическая безопасность, надежность охранных систем;
- массовые почтовые рассылки (спам).

Риски использования ИТ-технологий в энергетической отрасли можно отразить в виде схемы, представленной на рис. 3

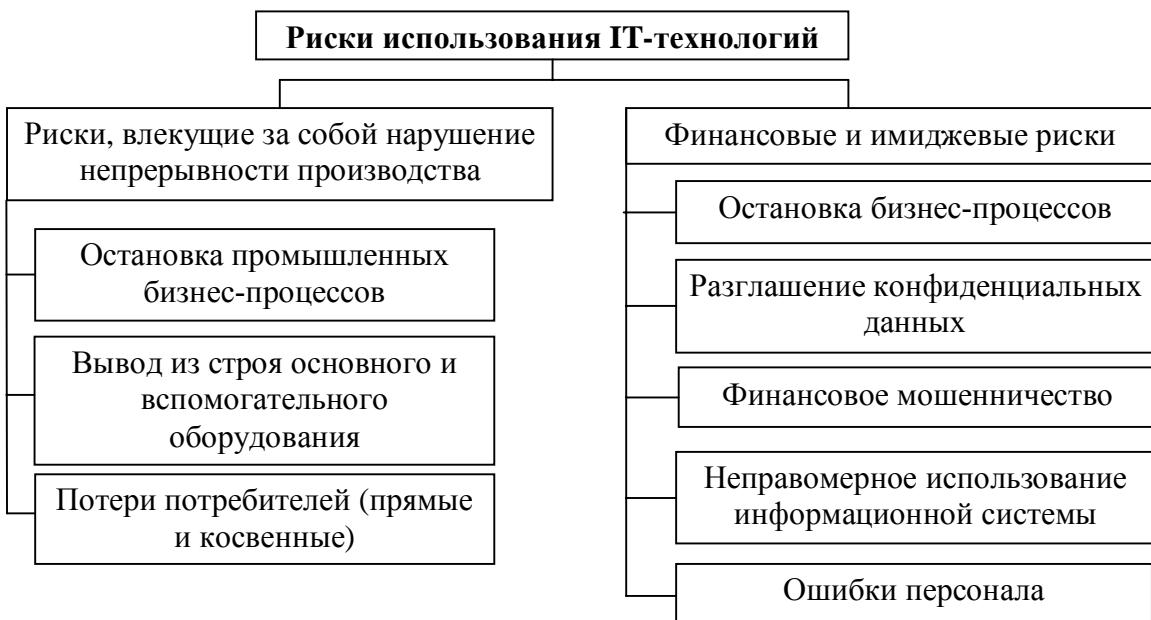


Рис. 3. Структура информационных рисков энергетического предприятия

После реорганизации РАО "ЕЭС России" существующая ИТ-система не может существовать в прежнем виде. Разделение АО-энерго по видам бизнеса и дальнейшее укрупнение операционных компаний приводит к необходимости объединять элементы различных и территориально разбросанных информационных систем в единое целое. Следовательно, необходимо создавать новую систему, при этом основная сложность заключается в масштабах преобразований и нехватке кадров.

Информационная система энергетической компании может быть декомпозирована на пять элементов, из которых конечная защита и автоматы, оперативное управление производственно-технологическим оборудованием и управление производством связаны с технологическим процессом. Верхние уровни (управление бизнесом), являются блоками общего управления. На сегодняшний день не существует нормативных документов, регламентирующих работу уровней ИТ-системы (за исключением первого), а также требований к уровню безопасности.

Современные системы характеризуются надежностью и качеством, но именно они пострадают в первую очередь в случае необходимости экономии средств при тарифном регулировании. Поэтому сегодня для снижения рисков, связанных с использованием информационных систем, нужно внедрение отраслевых стандартов и создание единой концепции ИТ-безопасности [2].

Как можно видеть, внутренние риски возникают вследствие действия самого предприятия и затрагивают практически все сферы его деятельности от инвестирования до кадровой политики. Таким образом, само по себе функционирование предприятия ведёт к появлению рисков.

Однако, энергетический комплекс не существует изолированно. Он является глубоко интегрированной структурой, тесно связанной со многими сферами жизни государства и общества, и следовательно, воспринимает все привносимые из вне влияния.

Для понимания основных сфер влияния на деятельность предприятия энергетического комплекса, обратимся к внешним рискам предприятия.

Внешние риски представляют собой широкий набор факторов воздействия на предприятие, чье влияние может отражать как на какой-то одной сфере его деятельности, так и на всей организации в целом.

Политические риски основаны на существовании противоречий между интересами региональных элит и отраслевых реформаторов. Они могут включать себя риск географической нестабильности и государственного неподчинения обязательствам. Снизить влияние политических рисков возможно с помощью следующих инструментов: подписания соглашения о государственном невмешательстве; использования юридических консультаций о соблюдении законов в странах операционной деятельности; применения политического страхования, финансирования международных банков, кредитных агентств, банков развития.

Социальные риски возможны в силу того, что электроэнергетика является жизнеобеспечивающей сферой экономики. Ответственность за данную группу рисков ложится, главным образом, на государство, которое посредством введения программы социальной поддержки сможет минимизировать эту группу рисков.

Топливные риски – специфичные для энергетики (цена топлива и возможность его покупки в необходимых количествах в нужное время) также имеют существенное значение. В связи с этим дополнительным риском для электроэнергетических компаний является неопределенность с созданием рынка газа и необходимого резерва генерирующих мощностей для полноценного рынка электроэнергии.

Регулировочный риск является результатом действий органов регулирования энергетики и может проявляться в различных аспектах: ценообразовании, экологическом и налоговом регулировании, стандартах надежности энергоснабжения, правилах работы на рынках. Вопрос снижения регулировочных рисков очень сложен и требует значительного внимания. Регулировочные риски возникают благодаря вмешательству ограничительного характера в деятельность субъектов предпринимательства со стороны государственных органов. Для электроэнергетики характерны следующие специфические регулировочные риски:

- риски тарифного регулирования;
- риски регулирования в области безопасности (стандарты, технические регламенты, регулирование безопасности гидротехнических сооружений);
- риски экологического регулирования (плата за выбросы вредных веществ в атмосферу, ограничения выработки электроэнергии на гидроэлектростанциях);
- специфические налоговые риски (водный налог для ГЭС);
- риски антимонопольного регулирования;
- иные (в том числе неопределенность специального законодательства).

Риски тарифного регулирования являются наиболее серьезными и трудно управляемыми. Тарифное регулирование полностью определяет доходную базу бизнеса, так как доля экспорта электроэнергии невелика и внутренний тариф непосредственно влияет на доходы энергетических компаний. Для решения данного вопроса и была задумана реформа, предполагающая либерализацию цен в электроэнергетике. Однако в среднесрочной перспективе тарифное регулирование будет по-прежнему оказывать определяющее влияние на экономику компаний сектора. Минимизация регуляторных рисков не может быть осуществлена силами отдельной компании, поэтому в мировой практике принято повышать предсказуемость тарифного регулирования для снижения регуляторных рисков.

Кроме того, определены стандартные свойства системы обеспечения предсказуемости тарифного регулирования, к которым относятся:

- институциональная независимость регулирующих органов;

- глубокая методологическая регламентация расчета тарифов в правовом поле;
- глубокая процедурная регламентация порядка рассмотрения и утверждения тарифов в правовом поле;
- гласность и коллегиальность процедуры рассмотрения и утверждения тарифов (снижает коррупционные риски);
- адекватная система профессионального разрешения споров (желательно досудебная, так как экономические детали регулирования, как правило, сложны для понимания судов);
- независимость судебной системы (для обеспечения юридических гарантий защиты прав субъектов регулирования).

К сожалению, отечественная система регулирования не отвечает данным требованиям, и ее главная проблема состоит в том, что в России сложилась уникальная ситуация, когда установленная законом методология определения тарифов (по методу «затраты плюс») имеет ограниченное применение, а на деле используется метод ограничения тарифов сверху, исходя из их воздействия на инфляцию. Разрыв между двумя методами компенсируется регуляторами с помощью крайне размытого правового и методологического поля регулирования (чтобы разрешенные к включению в тарифы статьи расходов можно было «подогнать» под заранее заданные пределы повышения цен). Таким образом, регулирование по методу «затраты плюс» в действительности давно не функционирует. Компании не могут защитить себя от неправильных действий регулятора в суде, так как правовая и методологическая база регулирования слаба, а регулирование и судебная система четко подвержены политическому влиянию. Низкое качество регулирования привело к тому, что в 2003 – 2004 гг. реальный доход компаний составил порядка 1%, что свидетельствует о серьезных проблемах с формированием их доходной базы.

Неэффективность системы регулирования в России – результат сочетания чрезмерной централизации управления, с одной стороны, и слабости исполнительной власти, связанный множеством конфликтов интересов, с другой. При формировании тарифов необходимо учитывать интересы энергетических компаний, промышленности, а также социально уязвимых слоев населения. В этом отношении риски регулирования тесно связаны с социальными и политическими рисками.

Для снижения рисков тарифного регулирования следует отказаться от регулирования по методу «инфляция минус» и стремиться к более адекватной и детальной правовой и методологической базе регулирования. В противном случае регуляторные риски останутся запредельно высокими, что скажется на кредитных рейтингах энергетических компаний.

Риски регулирования в области безопасности не проработаны должным образом. Пока легитимные стандарты публичных требований к безопасности в правовом поле отсутствуют, оценить, во что обходится соблюдение установленных требований безопасности, сложно. Например, нормы федерального закона «Об охране окружающей среды» настолько размыты, что не позволяют оценить стоимость экологического регулирования. Для снижения рисков экологического регулирования необходимо добиваться повышения прозрачности законодательных требований.

Затрагивая сферу рисков антимонопольного регулирования, стоит заметить, что ход обсуждения новой редакции закона «О конкуренции» показывает намерение ФАС по-прежнему руководствоваться субъективными критериями при одобрении сделок/принятии решений по итогам антимонопольных расследований.

Среди специфических налоговых рисков стоит выделить водный налог, который является очень гибким инструментом в налоговой системе. Конкретные ставки водного налога для ГЭС устанавливаются правительством, при этом критерии обоснованности и предсказуемая система установления этих ставок отсутствуют, а новые гражданско-

правовые платежи по договорам водопользования (по проекту Водного кодекса) еще более запутывают ситуацию. Поэтому, как и в других сферах, наилучший способ минимизации регуляторных рисков – максимальная (желательно законодательная) регламентация и ставок, и порядка их применения [2].

Кредитные риски – риски неплатежей по ссуде, связанные с частичной или полной неплатежеспособностью контрагента к моменту погашения кредита. Для их минимизации проводятся оценка кредитоспособности с привлечением внешних агентств, собственное финансовое моделирование сторон и т. д.

Рыночные риски обусловлены колебаниями цены в конкурентных секторах рынка и могут включать в себя различные аспекты поведения цен, такие как волатильность, ликвидность, корреляция.

Выделяют следующие виды рыночных рисков:

- Ценовой риск может быть вызван двумя факторами: неопределенностью перспективной динамики цен на природный газ и нерегулярными суточными колебаниями цен на электроэнергию на организованном оптовом рынке;
- Базовый – риск движения разницы цен на связанные товары в зависимости от их происхождения и качества;
- Риск изменения стоимости капитала – риск, связанный с изменениями процентной ставки;
- Временный – риск опережающего разрыва цен при срочных контрактах;
- Транзакционный – риск влияния крупных транзакций на параметры рынка (например, цену).

Для того чтобы оценить рыночные риски, необходимо получить прогноз ценовой динамики.

При разработке стратегий управления рыночными рисками рекомендуется руководствоваться пятью основными положениями:

1. Эффективное установление, количественное определение и распределение риска капитала;
2. Установление цены на сделки в отношении стоимости и рисков;
3. Обстоятельная стратегия, включая реальное положение на рынке;
4. Соответствующая инфраструктура торговли;
5. Эффективное измерение и управление производственным, кредитным и рыночным рисками.

Снизить влияние рыночных рисков позволяет манёвренность энергоснабжения, которая подразумевает регулирование потребителем структуры энергоносителей, источников энергоснабжения и режимов энергопотребления в соответствии с изменениями цен на топливо, электрическую и тепловую энергию и др. Маневрирование энергоснабжением позволяет поддерживать стоимость энергии на приемлемом уровне в определённый период, обеспечивая гибкость и устойчивость энергопотребляющей системы предприятия к изменяющимся параметрам энергетических рынков.

Повышенные ценовые риски приводят к неопределенности финансовых потоков энергокомпаний. Компаниям необходимо использовать прогнозирование цен, учитывая при этом вероятность погрешностей (например, погрешности, полученные при прогнозировании погоды, технического/технологического состояния системы, ценовой динамики на топливном рынке).

Для снижения зависимости от рыночных факторов предприятие может использовать следующие организационно-технические меры:

- установить пиково-резервные агрегаты разных типов;
- применять многотопливные котельные агрегаты для внутреннего теплоснабжения;
- рационально сочетать технологические установки одного производственного назначения и разными энергоносителями;

- использовать комбинированный привод для механической нагрузки [1].

Финансовый риск связан с нарушениями финансовых обязательств различными участниками энергетических рынков, в том числе потребителей услуг, а также с недостаточным опытом работы участников конкурентного рынка электроэнергии. В борьбе с данным видом рисков энергосбытовые организации могут использовать страхование, а также выявлять недобросовестных потребителей для ужесточения условий по договору энергоснабжения. Сделки должны быть сбалансированы в реальном времени, т.к. электроэнергия, в отличие от других энергоносителей, не может храниться на складе.

Риски тарифного регулирования являются наиболее серьезными, т.к. тарифное регулирование определяет доходную базу бизнеса, в связи с тем, что доля экспорта электроэнергии невелика. При формировании тарифов следует учитывать интересы промышленности, энергокомпаний и социально уязвимых слоев населения.

Риски незавершенности и нестабильности нормативно-правовой базы, регулирующей реформирование и функционирование электроэнергетики. Компании должны опираться в своей деятельности на четкие правила и положения, что является важным условием формирования доверия к рыночным структурам и уверенности среди участников рынка.

Принимая во внимание приведенные выше характеристики внешних рисков, можно говорить о том, что наибольшее влияние из вне, на предприятие оказывают рынок и государство. Данные факторы являются объективно постоянно присутствующими, от влияния которых полностью избавиться не представляется возможным. Однако их влияние может быть значительно уменьшено, вследствие внедрения на предприятиях систем риск-менеджмента.

3. Заключение

Как мы могли убедиться, спектр рисков энергетического предприятия чрезвычайно широк и многообразен. Российская электроэнергетика функционирует в условиях переходного периода с 2003 года, что является причиной развития разнообразных видов рисков, таких как изменения в нормативной базе; возникновение аварийных ситуаций; изменение цены и структуры поставки первичных энергоносителей; рост неплатежей потребителей и контрагентов; изменение общей экономической ситуации. Данная ситуация свидетельствует о необходимости внедрения систем риск-менеджмента в российской энергетике, ввиду возникновения перед энергетическими компаниями в процессе реформ и либерализации рынка, задач управления рядом рисков, как существовавших ранее и обусловленных особенностями отрасли, так и появляющихся только сегодня в связи с работой на ОРЭМ.

При организации и правлении такой системы, необходимо особое внимание уделить: тщательному отбору персонала; распределению рисков между инфраструктурными организациями; внутреннему контролю над ходом и исполнением бизнес-процессов; страхованию ответственности от ошибок и технологических сбоев; совершенствованию нормативно-правового регулирования. Для внедрения риск-менеджмента на энергетическом предприятии важно разработать методические положения конкретно для энергетической отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гительман Л.Д., Ратников Б.Е. Энергетический бизнес: Учеб. пособие. – М.: «Дело», 2006. – 600 с.
2. Зубакин В.А., Межевич В.Е., Драчевский Л.В. и др. Риск-менеджмент в электроэнергетике: новые возможности развития// ЭнергоРынок.– 2005. –№7.
3. Экономика предприятий энергетического комплекса: Учеб. для вузов/В.С. Самсонов, М.А. Вяткин.– 2-е изд.– М.: Высш. шк., 2003.– 416 с.: ил.

ОБ АВТОРАХ



Салимянов Сергей Ильдусович, магистрант каф. финансов и экономического анализа УГАТУ, степень бакалавра техники и технологии (УГАТУ, 2009), степень магистра техники и технологии по направлению «Теплоэнергетика» (УГАТУ, 2011). Исследования в области управления рисками предприятий ТЭК, работающих в условиях функционирования рынка энергии и мощности.

e-mail: salimysanovsergey@gmail.com

УДК 03.33.338

РИСК-МЕНЕДЖМЕНТ ПРЕДПРИЯТИЯ ОБЪЕКТА ТЭК

Салимянов С. И.

1. Введение

Роль риск-менеджмента в процессе функционирования энергетических компаний в условиях реформирования и как следствие либерализации отрасли, становится все более актуальной. Перед вновь создаваемыми в процессе реформы РАО «ЕЭС России» энергетическими компаниями, стоят задачи управления рядом рисков, как существовавших ранее и обусловленных особенностями отрасли, так и появляющихся только сегодня в связи с работой на ОРЭМ.

Наиболее передовые и крупные компании уже сегодня создали специальные подразделения риск-менеджмента, так первыми в стране внедрением системы риск-менеджмента стали заниматься такие компании, как ОАО «ЛУКОЙЛ», ОАО «ГМК «Норильский никель», ОАО «ММК», ОАО «Северсталь», ОАО «ОМЗ», РАО «ЕЭС России».

2. Требования и структура системы риск-менеджмента

Внедрение системы риск-менеджмента в практику корпоративного управления компаний энергетического сектора, главным образом, обусловлено требованиями рынка международного капитала и стремлением усовершенствования системы внутреннего контроля и управления рисками.

Энергетическая отрасль характеризуется высокой сложностью, социальной ответственностью и рискованностью. В последнее десятилетие в развитии мировой энергетики проявились некоторые важные тенденции, которые при неуправляемом течении могут оказать отрицательное воздействие.

К таким тенденциям относятся:

- усиление конкуренции за ограниченные энергоресурсы;
- высокие темпы роста энергопотребления;
- изменение региональных пропорций энергопотребления;
- высокая доля и растущие объемы потребления органического топлива;
- замедление темпов роста предложения энергии;
- проблемы обеспечения инвестиций в развитие энергетического сектора;
- изменение структуры предложения энергоресурсов и повышение роли отдельных поставщиков;
- рост цен на энергоносители, волатильность цен;
- нарастающая напряженность в обеспечении энергетических нужд транспорта и диспропорции в нефтепереработке;

- рост объемов международной торговли энергоносителями, развитие инфраструктурной составляющей поставок энергоресурсов и обострение связанных с этим рисков;
- усиление политических рисков, в том числе транзитных [3].

На предприятиях энергетической отрасли присутствует множество разнообразных рисков, требующих выявления, оценки и управления.

По своей природе риски условно можно разделить на две категории: системные (цель – управление риском) и несистемные (цель – сведение риска к минимуму).

Первые рассматриваются как часть общего риска, возникающего в связи со специфической деятельностью конкретного субъекта, присущи рынку и самой отрасли в целом и включают, в свою очередь, риски, связанные с колебанием цен и валютных курсов, изменением погодных условий, регулированием в отрасли, а также риски страны.

Основные причины возникновения рисков – отсутствие или неточность моделей, прогнозов нагрузки, неправильное составление, управление и оценка контрактов и т. д.

Существует также градация рисков по типам: рыночные (ценовые, валютные, объемные, риски изменения процентных ставок), кредитные, операционные, регуляторные и стратегические [2].

В данной статье в качестве основной классификации рисков принят второй способ градации рисков по типам (источникам возникновения).

Управление рисками можно представить в виде ступенчатой схемы представленной на рис. 1

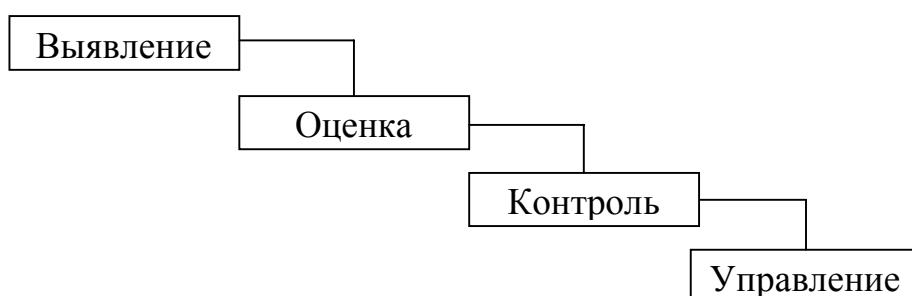


Рис. 1. Принципиальная схема управления рисками

Для эффективного управления рисками компании требуется их структурирование, основными элементами которого являются:

- политика по управлению рисками – описание роли и степени ответственности всех сотрудников компании, установка лимитов, оценка рисков и управление ими; инструменты управления ключевыми видами рисков и основные принципы системы отчетности;
- методология – определение и описание методик измерения, качественной/количественной оценки и управления основными видами рисков: рыночными, кредитными, операционными, стратегическими и др.;
- процессы – проектирование и уточнение наиболее важных с точки зрения управления рисками процессов;
- организационная структура – дизайн новой организационной структуры (основные требования и ключевые компоненты): необходимые условия для проведения организационных изменений, роли, компетенции и ответственности персонала;
- ИТ-поддержка – разработка требований к ИТ-системе, необходимой для обеспечения эффективного сбора информации по позициям и контрактам, контроллинга и генерирования отчетности как по компании в целом, так и по отдельным бизнес-подразделениям [3].

3. Методы управления и способы снижения рисков

Управление рисками в генерирующих компаниях требует системного подхода, учитывающего специфику отрасли, с применением мощного инструментария современного риск-менеджмента, такого как: операционное хеджирование, лимитная политика, хеджирование с использованием производных инструментов, передача рисков третьим лицам, оптимизация товарных и денежных потоков, использование контрактов с опционными характеристиками и т. д.

Энергетическая компания должна уметь устанавливать оптимальное соотношение между доходом от продажи реального актива и операциями на рынках производных инструментов, делая упор на первое направление.

В долгосрочном периоде управлением портфелем генерирующих мощностей подразумевает ввод в эксплуатацию или вывод тех или иных мощностей, а также их приобретение или продажу. В среднесрочной перспективе работа с портфелем предполагает определение периода времени, вывода мощностей на ремонт, реконструкцию или техническое перевооружение. В краткосрочном периоде необходимо определить, в каких секторах рынка станет работать каждый блок той или иной электростанции.

Управление нефинансовыми рисками включает в себя сценарный анализ, принятие решений, управление проектами по оптимизации рисков и способствует поддержанию стратегии развития компании и реализации её социальной миссии: надежного и бесперебойного энергоснабжения добросовестных потребителей электро- и теплоэнергии на основе баланса интересов различных заинтересованных сторон.

Рассмотрим систему управления нефинансовыми рисками, разработанную и внедренную в РАО «ЕЭС России».

Концепция управления нефинансовыми рисками основана на том, что трудовые отношения, отношения с регулирующими органами, потребителями, местными властями и сообществами и другие аспекты (социального измерения) энергетики являются не бременем, не вынужденной платой за социальную стабильность, а новым центром создания стоимости электроэнергетической компании.

Управление нефинансовыми рисками позволяет поддерживать стратегию развития основного бизнеса и реализацию социальной миссии энергетики: надежного и бесперебойного энергоснабжения добросовестных потребителей электро- и теплоэнергии в кратко- и долгосрочной перспективе на основе баланса интересов различных заинтересованных сторон «стейкхолдеров».

Подобный «стейкхолдерский» подход является инновацией в риск-менеджменте. Нефинансовый риск рассматривается в нем как мера ущерба или выгоды, которые возникают у компании в результате взаимодействия с различными заинтересованными сторонами «стейкхолдерами».

Оптимизация нефинансовых рисков – это их своеобразное перераспределение среди социального окружения компании, основанное на постоянном взаимодействии со «стейкхолдерами», отслеживании их ожиданий, анализе их интересов, предупреждении конфликтов, поиске взаимовыгодных решений.

РАО «ЕЭС России», осуществляя деятельность по управлению нефинансовыми рисками, ведет активную работу со «стейкхолдерами»: проводит встречи, организует семинары-совещания по анализу рисков и формированию систем управления нефинансовыми рисками с участием представителей ДЗО, встречи с ассоциацией работодателей и профсоюзами, с муниципальными ассоциациями, обществами защиты прав потребителей, экологами, поддерживает постоянные контакты с крупными потребителями электроэнергии.

Приоритеты управления нефинансовыми рисками определяются целями корпоративного развития. В среднесрочной перспективе (2006 – 2008 гг.) это прежде всего:

- ориентация на потребителя, включая вопросы регулирования отношений, связанных с надежностью и доступностью электро- и теплоэнергии;
- ориентация на инвесторов, преодоление угроз достижению целей реформы электроэнергетики;
- сохранение единства отрасли, предполагающее прозрачность и эффективность взаимодействия электроэнергетических компаний.

Возможность возникновения нефинансовых рисков особенно высока в следующих сферах:

- регулирование электроэнергетики как базовой инфраструктуры, включая вопросы тарифной политики и влияния реформы на низкодоходные группы населения; надежность энергообеспечения социально значимых объектов;
- корпоративное управление и корпоративная репутация как нефинансовые факторы обеспечения инвестиционной привлекательности; влияние на социально-экономическое положение городов и регионов, обусловленное масштабной корпоративной реорганизацией;
- социально-трудовая сфера (влияние на сотрудников компании и членов их семей);
- технологическая модернизация;
- экология.

В каждой из этих сфер определены риски первоочередной значимости на среднесрочную перспективу. Безусловно, особое внимание уделяется эффективности и надежности электроэнергетики (хотя говорить об абсолютной надежности в рыночных условиях невозможно).

Большая группа рисков связана с социально-политическими аспектами тарифного регулирования, в том числе с поиском эффективных мер социальной защиты малообеспеченных семей в ходе ликвидации перекрестного субсидирования.

Система управления нефинансовыми рисками должна определяться стратегическими целями компании и включать три основных блока:

1. Сценарный анализ (диалоги со стейкхолдерами, исследования, выявление, диагностику и мониторинг рисков);
2. Принятие решений;
3. Управление проектами по оптимизации рисков.

Меры по оптимизации нефинансовых рисков РАО «ЕЭС России» подразделяются на:

1. Специальные проекты:
 - финансирование социальных и благотворительных проектов как «ответ» на риски (содействие энерго- и ресурсосбережению и др.);
 - коммуникации (взаимодействие с Минздравом России по вопросам обеспечения надежности энергоснабжения ЛПУ, с потребителями и др.);
 - сценарный анализ (влияние реструктуризации на налогооблагаемую базу в регионах и муниципальных образованиях, энергопотребление в группах с различными уровнями дохода как основа для принятия решений в ходе ликвидации перекрестного субсидирования и др.).
2. Социальную и экологическую отчетность:
 - a) социальный отчет холдинга РАО «ЕЭС России», цели которого:
 - продемонстрировать уровень социальной ответственности компании в ходе реформирования электроэнергетики. Показать, каким образом компания обеспечивает баланс между интересами акционеров, государства и других заинтересованных сторон;
 - показать связи между экономическими, экологическими и социальными аспектами энергетического бизнеса. Привлечь внимание к социальной значимости электроэнергетики;

▪ продемонстрировать, как компания управляет нефинансовыми рисками, показав не только достижения, но и планы по решению проблем, выявленных в ходе взаимодействия со стейкхолдерами;

б) отчеты энергетических компаний.

Перечисленные меры призваны оптимизировать существующие нефинансовые риски [3].

Управление товарными рисками в электроэнергетике предполагает использование производных инструментов и операционного хеджирования, оптимизацию запасов и времени закупок, применение лимитной политики, инструментов страхования дебиторской задолженности и политических рисков, а также страхование ответственности поставщиков.

Одним из отличительных и весьма значительных факторов является то, что ущербы в энергетической отрасли могут проявляться не только в крупных финансовых потерях, но и причинении вреда третьим лицам и окружающей среде.

Одним из вариантов управления данными рисками является страхование ответственности. В соответствии со статьёй 18 ФЗ об электроэнергетике № 35-ФЗ обязательному страхованию ответственности за причинение ущерба субъектам электроэнергетики, потребителям электрической энергии в результате действий (бездействия) системного оператора и иных субъектов оперативно-диспетчерского управления в технологически изолированных территориальных электроэнергетических системах подлежат субъекты оперативно-диспетчерского управления [4].

Преимущества использования страхования заключаются не только в возмещении убытков, но и в помощи страховой компании в проведении оценки каждого вида риска и получении рекомендаций по улучшению качества управления рисками.

К имуществу, подлежащему страхованию в энергетике, можно отнести: буровые установки; машины, механизмы и прочее оборудование и имущество; трубопроводы, АЗС. Для электроэнергетики выделяют 4 группы:

1. Группа А – здания, включая коммунальные сооружения и трубопроводы на территории предприятия;

2. Группа В – воздушные и кабельные линии электропередачи, линии связи, а также другие линии, посредством которых осуществляется передача электроэнергии или информации;

3. Группа С – оборудование и механизмы электроэнергетической промышленности;

4. Группа D – другое имущество.

Обязательному страхованию подлежат пять основных рисков: пожар, взрыв, удар молнии, падение пилотируемых летательных аппаратов и их обломков.

Актуальность вопроса страхования рисков обусловлена возможностью повышения инвестиционной привлекательности предприятий российской электроэнергетики с помощью снижения рисков путем их передачи на страховые рынки. Правильно организованное управление рисками обеспечивает прибыльность работы предприятия и способствует привлечению потенциальных инвесторов. Кроме того, управление рисками в электроэнергетике на этапе реформирования необходимо, так как в существующих условиях государство уменьшает степень своего участия в компенсации рисков, а новые генерирующие компании, действующие на рынке, подвержены воздействию большего числа рисков, чем в условиях отсутствия конкуренции.

Осуществляя риск-менеджмент, в первую очередь необходимо выявить все существующие риски, провести их оценку и построить карту рисков для нанесения на нее линии толерантности. В результате управления все риски должны оказаться ниже этой линии. Способов минимизации рисков несколько, но наиболее популярны сегодня в России продажа непрофильных активов и передача их на страховые рынки.

В качестве примера рассмотрим риски, связанные с проектным строительством и

модернизацией ЭС: риск непогашения кредитов, валютный, политический, операционный и другие риски.

Происшествие в период строительства станции, влекущее превышение бюджета и задержку реализации проекта, приводит к смещению графика погашения кредита. Как результат – отсутствие у энергетической компании необходимых средств на его обслуживание. Если же проект застрахован, данный риск не отпугивает инвесторов, так как страховая компания выплатит основную сумму кредита.

Такая же ситуация возможна и в случае, если доходность после реализации проекта не выходит на планируемый уровень, что также приводит к смещению сроков погашения кредита. Для реализации программы страхования приобретается страховое покрытие.

При передаче рисков на страховой рынок единая комплексная программа страхования проекта на стадии строительства может содержать ряд элементов:

- строительно-монтажный полис «Все риски»;
- задержка в начале эксплуатации/потеря прибыли из-за происшествий во время строительства (расходы по обслуживанию кредита также возмещаются);
- перевозка грузов на строительную площадку;
- задержка в начале эксплуатации/потеря прибыли из-за происшествий во время перевозки;
- причинение вреда имеющемуся имуществу;
- ответственность перед третьими лицами;
- ответственность работодателя.

На стадии эксплуатации единая комплексная программа страхования проекта может содержать:

- страхование имущества и рисков поломок машин и оборудования от всех рисков;
- потеря прибыли при перерыве в производстве (расходы по обслуживанию кредита также возмещаются);
- ответственность перед третьими лицами;
- ответственность за загрязнение;
- ответственность работодателя.

Наиболее эффективным видом страхования проекта является «бесшовное» покрытие, осуществляющееся на стадии строительства и эксплуатации по единому договору страхования. Тем самым исключаются пробелы в страховом покрытии, на этапе перехода имущества из стадии строительства в стадию эксплуатации.

Таким образом, преимущества управления рисками проекта за счет страхования, заключаются в следующем:

- создание дополнительных возможностей для поиска инвесторов;
- меньшие затраты на получение кредита;
- повышение гарантий (возможно, до уровня «AAA») по возврату основного капитала и процентов;
- повышение кредитного рейтинга;
- уменьшение требований по резервированию финансовых средств;
- меньшие затраты на проект в целом.

В связи с рядом требований со стороны кредиторов во всем мире принято риски, связанные со строительством и модернизацией энергообъектов, передавать на страховой рынок. Возможно, в будущем такая практика будет применена и в России [3].

Также в настоящее время электроэнергетические компании в значительной степени подвержены рыночным рискам. Возникновение данной группы рисков может быть связано с:

- неисполнением договорных обязательств на контрактном рынке;
- колебаниями цен на спотрынке;

- отклонением оператором рынка ценовой заявки в процессе конкурентного отбора;
 - несоответствием фактического объема потребления плановому.
- Основные методы, используемые для снижения воздействия рыночных рисков можно, представлены на рис.2.



Рис. 2. Методы управления рыночными рисками

Рассмотрим подробнее представленные методы.

Использование прямых договорных отношений между покупателями и продавцами на поставки электроэнергии с фиксированными ценами на весь период контракта способствуют снижению рыночных рисков. К недостаткам данного метода можно отнести: вероятность возникновения риска неисполнения контрактных обязательств, сложность определения приемлемых контрактных цен, трудность поиска эффективных поставщиков.

Диверсификация поставок позволяет распределить совокупный риск на большое количество поставщиков путём покупки необходимых объемов электроэнергии (мощности) по частям в разных секторах рынка (спотовом, контрактном, регулируемом). В данной ситуации существует проблема выбора оптимальной структуры поставок на основе оценок относительных величин рисков, исходящих от разных контрагентов, что предполагает создание информационной базы по определению надежности потенциальных поставщиков и требует значительных финансовых затрат и профессионализма менеджеров.

Образование отраслевых и региональных альянсов промышленных предприятий позволяет осуществить квалификационное управления всеми видами рыночных рисков и способствует их высокоеффективной деятельности на конкурентном энергетическом рынке. Объединения могут создавать собственные энерготрейдинговые компании или заключать договоры с уже существующими предприятиями.

Создание собственных энергоисточников обеспечивает маневренность энергоснабжения и позволяет отключить часть технологического оборудования в периоды

пиковых нагрузок, характеризующихся высокими ценами. Этот механизм может быть использован в случае наличия инвестиционных и технологических возможностей у предприятия. Ограничениями может служить зависимость от повышения цены на топливо, используемое в собственных генерирующих установках.

Рынок производных финансовых инструментов возникает вслед за физическим рынком электроэнергии, предоставляя его участникам возможность эффективно управлять собственными рисками, определять тенденции изменения цен, строить более точные финансовые прогнозы. Присутствие спекулянтов на рынке позволяет частично перераспределить риски из энергетической отрасли в финансовый сектор, а также в другие сектора, так или иначе связанные с сектором электроэнергетики. К производным инструментам (дериативам) относят биржевые и внебиржевые срочные контракты, основанные на базовых финансовых контрактах или операциях, а именно: форвардные и фьючерсные контракты, биржевые и внебиржевые опционы, свопы и биржевые производные на свопы.

Производные финансовые инструменты компенсации рисков считаются одним из наиболее действенных средств управления ценовыми рисками и риском неисполнения контракта. Они предполагает создание централизованных фьючерсных рынков в виде специализированных электроэнергетических бирж или отделений на товарных биржах. Участниками этих бирж могут быть хеджеры, энерготрейдеры энергетических и промышленных компаний, целью которых является компенсация ценовых рисков, и спекулянты, стремящиеся извлечь прибыль из колебаний цен. Рассмотрим основные финансовые инструменты, применяемые для снижения рыночных рисков.

Форвардный договор на поставку электроэнергии между продавцом и покупателем, по которому покупатель обязан выкупить энергию, а продавец обеспечить поставку установленного объема энергии по фиксированной цене на указанную в договоре дату, составляется по заказу клиента и чаще всего используется на внебиржевых рынках. Полная стоимость поставки выплачивается на момент доставки или сразу после нее. Недостатком является высокая вероятность кредитных рисков.

Фьючерсный контракт заключается по стандартной форме с указанием фиксированной цены на доставку или получение установленного количества энергии в течение какого-либо периода в будущем и применяется только на регулируемой бирже, согласно строго установленному порядку и требованиям оплаты и гарантии. Стоимость фьючерсного контракта постоянно меняется в зависимости от торговых сделок на энергетической бирже, а колебания цены вносят дополнительный риск, связанный с отчетом энерготрейдера о прибылях и убытках.

Своп-контракты заключаются между сторонами на определенный объем электроэнергии с учётом цены, формирующейся на спотовом рынке. Стороны обязуются либо выплачивать, либо взимать разницу между договорной фиксированной своп-ценой и ценой на спотовом рынке. Они могут представлять собой сложный ряд фьючерсных контрактов, различающихся по срокам, объемам и способам платежа.

Опционы – это право, а не обязанность купить энергию по фиксированной цене. Опцион колл даёт право купить электроэнергию по цене, ограниченной рамками опциона.

Все рассмотренные методы борьбы с рыночными рисками требуют определенных затрат, а их успешное применение возможно в сочетании при условии развитых рыночных отношений [1].

4. Заключение

Рассмотрев и проанализировав представленные способы управления рисками и меры по их снижению, а также изучив опыт функционирования систем риск-менеджмента, в частности на основе опыта РАО «ЕЭС России», можно говорить о том, что, безусловно, общий подход к управлению рисками в энергетической компании должен быть комплексным. Крайне неэффективно противопоставлять одни виды рисков другим, финансовые - политическим, технологические - рыночным.

Однако создание интегрированной системы управления рисками, объединяющей различные подходы и учитывающей взаимосвязи между рисками различных категорий, – процесс длительный, требующий значительных материальных, интеллектуальных и временных затрат.

Но несмотря на все трудности, деятельность энергетического предприятия в условиях работы ОРЭМ без применения систем оценки и управления рисками а также без принятия мер по сокращению рисков, представляется весьма проблематичной задачей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

4. Ермасова Н.Б. Риск-менеджмент. – М.: Издательство «Альфа-Пресс», 2005.
– 240 с.
5. Гитelman Л.Д., Ратников Б.Е. Энергетический бизнес: Учеб. пособие. – М.: «Дело», 2006. – 600 с.
6. Зубакин В.А., Межевич В.Е., Драчевский Л.В. и др. Риск-менеджмент в электроэнергетике: новые возможности развития// ЭнергоРынок.– 2005. – №7.
7. Федеральный закон № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» <http://www.fas.gov.ru>.

ОБ АВТОРАХ



Салимянов Сергей Ильдусович, магистрант каф. финансов и экономического анализа УГАТУ, степень бакалавра техники и технологии (УГАТУ, 2009), степень магистра техники и технологии по направлению «Теплоэнергетика» (УГАТУ, 2011). Исследования в области управления рисками предприятий ТЭК, работающих в условиях функционирования рынка энергии и мощности.

e-mail: salimyanovsergey@gmail.com

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НИЛ САПР-Д УГАПТУ

Информационная поддержка проектирования, доводки и эксплуатации газотурбинных двигателей и установок (ГТД и ГТУ) на основе ИПИ/CALS и ИЛП-технологий

Параметрическая диагностика технического состояния АД и ГТУ

Моделирование двигателей и ЭУ, их узлов, рабочих процессов в них

Управление и автоматизация испытаний ГТД и ГТУ

Интегрированная логистическая поддержка (ИЛП) технической эксплуатации АД и газотурбинных приводов (ГП) газоперекачивающих агрегатов (ГПА) и энергостановок

Адрес: 450000, Уфа, ул.К.Маркса, 12, корпус 2, кабинет 503а
научный руководитель: Кривошеев Игорь Александрович
(0472)370835
Email: Krievsheev@ugatu.ru

Методы и средства проектирования компрессоров авиационных ГТД

Система COMPRESSOR

Центробежный компрессор

- Расчет по среднему
- Расчет по высоте
- Проточная часть
- Треугольники скоростей

Осевой компрессор

- Расчет по среднему
- Расчет по высоте
- Проточная часть
- Треугольники скоростей
- Профили

Система COMPRESSOR_2D

Интеграция с 3D CFD

Система COMPRESSOR_S

Расчет характеристики (2D)

Получение границы устойчивой работы (1D)

Расчет распределения параметров по радиусу (2D)

Интеграция с математической моделью двигателя (0D)

450000, г.Уфа, К. Маркса, 12, корпус 2, комната 505
Науч. рук. Кривошеев Игорь Александрович
Михайлова Александра Борисовна
e-mail: mikhailova.ugatu@gmail.com

«.Точка отрыва - Уфа»

- Радиоуправляемые модели самолётов, вертолётов, авто
- Вело-трофи
- Фристайл
- Прыжки с парашютом

Фестиваль технических видов спорта

.Точка отрыва

УФА

takeOFFpoint.ru

Фестиваль технических видов спорта

www.takeOFFpoint.ru
www.vk.com/clubtakeOFFpoint

Молодежный Вестник УГАТУ

Ежемесячный научный журнал

№ 4 (5) / 2012

Материалы публикуются в авторской редакции.

Подписано в печать 15.12.2012. Формат 1/8
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman.
Усл. печ. л.16,6. Уч.-изд. л 16,5.
Тираж 100 экз.

Отпечатано в Редакционно-издательском комплексе УГАТУ
450000, Уфа, ул.К.Маркса, 12.