


# ТЕХНИКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕРВИСА

ISSN 2074-1146

№ 3 (37), 2016

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, издается с 2007 года

<b>Учредитель:</b>	 <p><b>Санкт-Петербургский Государственный Экономический Университет</b></p>
<b>Редакционный совет:</b>	<p><b>И.А. Максимцев</b> – ректор СПбГЭУ, д.э.н., профессор – <i>председатель совета</i>; <b>А.Е. Карлик</b> – проректор по НР СПбГЭУ, д.э.н., профессор – <i>заместитель председателя совета</i>; <b>Г.В. Лепеш</b> – заведующий кафедрой МОБиЖКНСПбГЭУ, д.т.н., профессор – <i>главный редактор журнала</i></p> <p><b>Члены редакционного совета:</b> <b>В.А. Бабурин</b> – д.э.н., профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, профессор кафедры маркетинга СПбГЭУ, г. Санкт-Петербург; <b>А.Г. Боровский</b> – к.т.н., старший научный сотрудник, председатель совета директоров Ассоциации предприятий коммунального машиностроения (ОАО "Научно - исследовательский, конструкторско-технологический институт строительного и коммунального машиностроения"), заслуженный машиностроитель РФ, г. Санкт-Петербург; <b>Ю.Н. Дроздов</b> – д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, РАН, институт машиноведения им. А.А. Благоврадова, г. Москва; <b>С.И. Корягин</b> – д.т.н., профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, директор института транспорта и технического сервиса БФУ им. И. Канта, г. Калининград; <b>В.Н. Ложкин</b> – д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России; <b>В.В. Пеленко</b> – д.т.н., профессор, заместитель директора института холода и биотехнологий по учебной работе Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики; <b>П.И. Романов</b> – д.т.н., профессор, директор научно-методического центра УМО вузов России (СПбГПУ), г. Санкт-Петербург; <b>Н.Д. Сорokin</b> – к.ф.-м. н., заслуженный эколог Российской Федерации, заместитель председателя комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности правительства Санкт-Петербурга</p>
<b>Editorial council:</b>	<p><b>I.A. Maksimcev</b> – rector SPbSEU, doctor of economic sciences, professor – the chairman of the board; <b>A.E. Karlik</b> – vice rector for scientific work SPbSEU, doctor of economic sciences, professor – the vice-chairman of council; <b>G.V. Lepesh</b> – head of the chair of Machines and equipment for domestic and housing SPbSEU, the editor-in-chief of the magazine, doctor of engineering sciences, professor – the editor-in-chief of the scientific and technical journal</p> <p><b>Members of editorial council:</b> <b>V. A. Baburin</b> – doctor of economics, professor, honored worker of higher school of Russian Federation, professor of the department of marketing SPbSEU, St. Petersburg; <b>A.G. Borovsky</b> – candidate of technical sciences, senior research associate, chairman of the board of directors of association of the enterprises of municipal mechanical engineering (JSC Scientifically – research, design-technology institute of construction and municipal mechanical engineering), honored mechanician of the Russian Federation, St. Petersburg; <b>Yu.N. Drozdov</b> – doctor of engineering, professor, honored worker of science of the Russian Federation, the Russian academy of sciences, engineering science institute of A.A. Blagonravov, Moscow; <b>S. I. Koryagin</b> – doctor of engineering, professor, honored worker of higher school of Russian Federation, the director of institute of transport and the BFU technical service of I. Kant, Kaliningrad; <b>V.N. Lozhkin</b> – doctor of engineering, professor, honored scientist of Russia, Professor of St. Petersburg University of state fire service of the Ministry of Emergency Situations of Russia; <b>V. V. Pelenko</b> – doctor of engineering, professor, deputy director of institute of cold and biotechnologies on study of the St. Petersburg national research university of information technologies, mechanics and optics; <b>P. I. Romanov</b> – doctor of engineering, professor, director scientific and methodical center of higher education institutions of Russia (St. Petersburg state polytechnical university), St. Petersburg; <b>N. D. Sorokin</b> – candidate of physical and mathematical sciences, honored ecologist of the Russian Federation, vice-chairman of committee on environmental management, environmental protection and ensuring ecological safety of the government of St. Petersburg</p>
<b>Адрес редакции:</b>	<p>Санкт-Петербург, Прогонный пер., д.7, лит.А, офис 111 Для писем: 191023, Санкт-Петербург, Садовая ул., 21, офис. 215. Электронная версия журнала: <a href="http://unecan.ru/zhurnal-tips">http://unecan.ru/zhurnal-tips</a>; <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a> Подписной индекс в каталоге «Журналы России» – 95008; тел./факс (812) 3604413; тел.: (812) 3684289; +7 921 7512829; E-mail: <a href="mailto:gregoryl@yandex.ru">gregoryl@yandex.ru</a>. Оригинал макет журнала подготовлен в редакции</p>

Санкт-Петербург – 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

### КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Применение информационных технологий при подготовке инженерных кадров.....3

### ДИАГНОСТИКА И РЕМОНТ

*Кожемяченко А.В., Лемешко М.А., Никишин В.В.* Разработка автономного способа определения технического состояния бытового холодильного прибора.....6

*Кожемяченко А.В., Лемешко М.А., Маслов О.С.* Материалосберегающие технологии при сервисном обслуживании бытовых холодильников.....9

*Лепеш А.Г., Панасюк А.С., Чурилин А.С.* современные методы очистки сточных вод промышленных предприятий.....14

*Иванов Д.А., Засухин О.Н.* Влияние газоимпульсной обработки на выносливость, длительную прочность, коррозионную и релаксационную стойкость металлических материалов.....24

### МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Лепеш Г.В., Егоров К.А.* Построение характеристики процесса срезания выступов деформируемых элементов на базе численного эксперимента.....30

*Тихонова О.Б., Русяков Д.В., Ларина Л.В., Давыдов Я.С.* Применение компьютерного моделирования ветроэнергетической установки.....36

*Лепеш Г.В., Лунева С.К.* Совершенствование технологии тепловых насосов на основе использования эффекта Ранка-Хильша.....39

*Аганов Д.С.* Совершенствование теплоэнергетических систем на основе энтальпийного подхода.....44

### ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЕРВИСА

*Лазарев Ю.Г., Медрес Е.Е.* Предложения по выявлению и сокращению опасных участков концентрации дорожно-транспортных происшествий.....56

*Кузнецова З.П., Бархатова Т.А.* Анализ эффективности выездных налоговых проверок.....61

*Дроздов Г.Д.* Методика учета рисков при строительстве предприятий по переработке углеводородного сырья.....68

*Дроздов Г.Д., Дроздова И.В.* Проблемы развития экономики Российской Федерации в зависимости от развития «зеленой» экономики.....73

Abstracts of the articles.....76

Требования к материалам, принимаемым для публикации в научно-техническом журнале «Технико-технологические проблемы сервиса».....83



### ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

*«Инженер?! Мне пришлось воспитываться как раз в инженерной среде, и я хорошо помню инженеров двадцатых годов: этот открыто светящийся интеллект, этот свободный и необходимый юмор, эта лёгкость и широта мысли, непринуждённость переключения из одной инженерной области в другую и вообще от техники к обществу, к искусству.»<sup>1</sup>*

Сегодняшний этап инновационного развития России характеризуется внедрением мер модернизации экономики, к которым, в частности, относятся повышение энергоэффективности и ресурсосбережения [1], ядерных, космических, медицинских и информационных технологий. Для реализации этих задач необходимо наличие высокопрофессиональных инженерных кадров, способных обеспечить проектирование, изготовление и обеспечения жизненного цикла перспективных технических систем. [2].

Основная задача современной промышленности – создание глобально конкурентоспособной и востребованной (высококачественной и недорогой) продукции нового поколения в предельно короткие сроки. Для успешного решения этой задачи необходимы постоянная генерация, применение, накопление и трансфер новых знаний, создание и развитие наукоемких технологий с последующим их объединением в технологические цепочки нового поколения, разработка наукоемких инноваций и создание современных "цифровых" / "умных" производств. Начинают играть особую роль быстрота профессиональной реакции на вызовы, скорость выполнения НИОКР и оказания высокотехнологичных услуг командами инженеров, обладающих компетенциями, оборудованием и технологиями мирового уровня.

С 2007 г. инженерное образование в РФ по большинству направлений подготовки было переведено на систему многоуровневого обучения. В настоящее время многие технические вузы работают по трехуровневой схеме «бакалавр-специалист-магистр». Классификация ступеней/уровней обучения студентов инженерно-технических вузов показана в табл.1 [3].

К сожалению, в России уровневая система подготовки до сих пор непонятна абитуриентам и их родителям. Отечественные работодатели также еще не поняли, как бакалавры или магистры могут замещать инженерные должности. Раньше, если человек получал

высшее техническое образование, ему присуждалась квалификация инженер и работодатель четко понимал, что с такой квалификацией специалист может занимать инженерные должности. А что делать с бакалаврами и магистрами? Они инженеры или нет?

В соответствии с требованиями образовательных стандартов третьего поколения, подготовка бакалавра предполагает в большей

Таблица 1 – Классификация ступеней/уровней обучения

Название уровня	Срок обучения	Цель обучения
Бакалавр	4 года	Массовый инженер, инженер-практик. «Субъект, предназначенный для осуществления практической деятельности внутри производства»
Специалист	5 лет	Может работать как внутри производства, так и в отделах технологий (научно-исследовательских лабораториях/ отделах)
Магистр	6 лет	Элитный инженер, который способен заниматься научными обоснованиями (исследованиями). Субъекты, профессиональная деятельность которых относится к научно-педагогическим и научно-техническим разделам

<sup>1</sup>Александр Исаевич Солженицын – Цитаты – <http://tsitaty.com>

степени практико-ориентированную направленность образовательного процесса, обеспечивающую ориентированность в будущей профессиональной сфере и готовность решать производственные задачи на уровне потребностей современной профессиональной среды.

Самый массовый выпускник технического бакалавриата должен обладать набором профессиональных компетенций, близких к проектированию и производству (к операциям эксплуатации и ремонта) современной продукции соответствующей отрасли. Однако, для этого ему необходимо «выйти из пространства академических знаний в пространство производственной деятельности и жизненных смыслов» [3]. Т.е., получение этих компетенций возможно лишь в непосредственном контакте с производственной средой (с производственными процессами).

С другой стороны, практические знания бакалавра должны базироваться на фундаментальных, общепрофессиональных знаниях и навыках, без которых не возможно квалифицированное выполнение функций профессионала. Такие знания можно получить лишь непосредственно общаясь с аккумулирующей знания университетской образовательной средой.

Наиболее оптимальный подход, обеспечивающий высокий уровень инженерной подготовки во всем техническом секторе высших учебных заведений [3], на основе взаимосвязи технических знаний, профессиональной компетентности и опыта на стадии обучения – "создание интегрированной системы, базирующейся на сочетании обучения в рамках дневной формы учебы с работой студента на базовом предприятии. Для вузов имеет особое значение возрождение не просто интегрированных систем подготовки инженеров, а воссоздание таких систем обучения, при которых бы предприятия на региональном уровне оказывали непосредственное влияние на содержание и качество инженерной подготовки необходимые выпускникам в будущем. Такие системы обучения должны обладать возможностью для организации непрерывного обучения, поддержания инженерного образования на уровне современных требований" [3].

Таким образом, для обеспечения высокотехнологичных отраслей экономики квалифицированными инженерными кадрами необходимо осуществлять всестороннюю подготовку студентов в особой профессионально ориентированной среде. Основным связующим элементом этой обучающей среды является комплексный подход, объединяющий фундаментальное и профессиональное образование, с использованием в учебном процессе межпредметных связей, принципа единства фундаментальности и профессиональной направленности,

сти, научности и др. Ведущая роль в подготовке инженеров (бакалавров и магистров) здесь отводится информационным технологиям, которые бурно внедряются во все сферы общественной жизни. От уровня информационно-технологического развития и его темпов зависит состояние экономики и качество жизни людей. В сфере образования, в частности, информационные технологии в значительной мере повышают коммуникабельность образовательного процесса, позволяют увеличить объемы и сократить сроки усвоения информации. Информатизация образования интенсивно проводится во многих странах, в разработку и внедрение новых информационных технологий вкладываются большие средства.

В целом информатизация образования предусматривает изменение содержания, методов, организационных форм и технологий обучения, оснащение учебных заведений компьютерной техникой, пересмотр учебно-методического обеспечения образовательных программ, повышение квалификации преподавателей, административных и инженерно-технических кадров. По всем этим направлениям многие вузы уже накопили значительный опыт [4].

На уровне бакалавриата, будущие инженеры получают практические навыки эксплуатации информационных систем, знакомятся с различными компьютерными программами для обеспечения производства в машиностроении, на транспорте, планирования работ в техническом сервисе, прогнозирования потребности в запасных частях и материалах, формирования документации и проведения анализа использования машин и оборудования и др.

Важное значение при обучении придается использованию компьютерной техники для проектирования, расчета и анализа технологий производства машиностроительной продукции, обоснованного выбора наилучших вариантов их построения и технического обеспечения с учетом конкретных природно-климатических, ресурсных и организационных условий их эксплуатации.

Учитывая традиционные особенности российского образования, заключающиеся в широком изучении фундаментальных наук, таких как: математика, механика, физика, а также с целью устранения разрыва между "чистыми" и прикладными науками, важное значение для подготовки инженеров имеет изучение самих систем программирования, построенных на алгоритмических языках 3 – 4 поколений уже на уровне бакалавриата, таких как Delphi (Pascal), Fortran, C++, Matlab/Simulink и др.

В учебном процессе многих вузов получили распространение компьютерные системы для проектирования механических передач и

выполнения чертежей с полной поддержкой российских стандартов. Эти системы позволяют создавать сборочные чертежи, спецификации и рабочие чертежи деталей с нанесением необходимых размеров, обозначений, использованием типовых чертежей деталей, заполнением штампа, вводом технических требований, обозначением шероховатости и др. Здесь традиционно применяются пакеты прикладных программ, реализующих двух и трехмерную графику, такие как Компас-3D, AutoCad, SolidWorks и др.

Важно отметить, что перечисленные программы применяются не только для оформления конструкторской и технологической документации, но и являются развитыми препроцессорными средствами, используемыми для решения широкого класса инженерных задач проектирования и производства машиностроительной продукции путем сквозного использования CAD/CAM/CAE/PDM/PLM технологий [5]. При этом уже на стадии бакалавриата необходимо изучение применения встроенных там процессоров для решения задач механики и гидрогазодинамики (CosmosWorks (Simulation), Floworks (FloSimulation и др.). Применение компьютерной технологии проектирования не только сокращает затраты времени и улучшает качество проектирования, но и является важным фактором развития творческих способностей студентов.

Особое значение приобретает подготовка уже на базе магистратуры инженеров нового типа – инженеров исследователей для машиностроительного комплекса, играющего ключевую роль в ускорении научно-технического прогресса. Развитие работ по созданию перспективных конструкционных материалов, принципиально новых технологий, систем автоматизированного проектирования и конструирования, комплексно-автоматизированных производств нуждается в инженерах, способных выполнять научные исследования и разработки на уровне, превышающем лучшие мировые достижения. Здесь центральное значение отводится изучению компьютерного инжиниринга (Computer-Aided Engineering), для которого характерны такие черты как мультидисциплинарность и надотраслевой характер – инновационная МЗ-концепция "MultiDisciplinary & MultiScale / MultiStage & MultiTechnology (MultiCAD & MultiCAE)" [5].

В области компьютерного инжиниринга и виртуального моделирования проблем механики деформируемого твердого тела и механики конструкций, безусловными лидерами являются такие CAE-технологии – программные системы конечно-элементного анализа – как ANSYS, SIMULIA/Abaqus, MSC Software, Altair Engineering, ESI Group, LMS Int., LS-DYNA и

NX CAE (Siemens PLM Software). Для решения задач механики жидкости и газа (Computational Fluid Dynamics, CFD) наиболее широкими возможностями обладают программные системы Fluent, STAR-CD и ANSYS CFX.

Для образовательной среды наиболее адаптированным на сегодня следует признать пакет CAD/CAE AnsysWorkbench, объединяющий большинство перечисленных CAE систем на базе общих препроцессорных и постпроцессорных CAD средств и адаптированный к основным CAE технологиям, что позволяет обеспечить непрерывную подготовку инженерных кадров по программам бакалавриата – магистратуры и в дальнейшем аспирантуры.

На сегодняшний день широкому внедрению информационных технологий в образовательный процесс препятствуют трудности с обеспечением достаточных машинных ресурсов, особенно при решении мультифизических<sup>2</sup> задач, построенных на имитационных моделях функционирования машин и агрегатов. Проблема разрешается в рамках иерархических принципов построения таких моделей [6], что в полной мере отвечает всем передовым современным трендам, для выполнения НИР и НИОКР будущими выпускниками магистратуры.

#### Литература

1. Лепеш, Г.В. Энергосбережение в системах жизнеобеспечения зданий и сооружений // Г.В. Лепеш / – СПб.: изд-во СПбГЭУ, 2015. – 437 с.
2. О концепции доктрины подготовки инженерных кадров в России М.: Издание Государственной Думы, 2012. – 34 с.
3. Пиралова О. Ф. Теоретические основы оптимизации обучения профессиональным дисциплинам в условиях современного технического вуза / Издательство: Академия Естествознания / - 2011, ISBN: 978-5-91327-157-0
4. Родионов С.Ф. Практические разработки информационно-образовательной среды технического вуза [Текст] / С.Ф. Родионов, П.Э. Шендерей, М.В. Чугунов // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. – 2015. – №3. – С. 13–16
5. Компьютерный инжиниринг : учеб. пособие / А. И. Боровков [и др.]. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 93 с.
6. Лепеш Г.В., Иванова Е.С., Моисеев Е.Н., Егоров К.А. Решение задач динамики силового взаимодействия в баллистических системах на основании иерархического принципа/. Наука и технологии. Том 2. Материалы XXXVI Всероссийской конференции, посвященной памяти референта МСНТ Н.Н. Ершовой (14-16 июня 2016 года, г. Миас).с. 9-24

<sup>2</sup> Инновационная МЗ-концепция [2], основанная на меж- / мульти- / и трансдисциплинарных, иногда называемых “мультифизическими” (“MultiPhysics”), знаниях и компьютерных технологиях, в первую очередь, наукоемких CAE технологий.

**РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОГО СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БЫТОВОГО ХОЛОДИЛЬНОГО ПРИБОРА**А.В.Кожемяченко<sup>1</sup>, М.А.Лемешко<sup>2</sup>, В.В.Никишин<sup>3</sup>

*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал)  
Донского государственного технического университета (ИСОиП(филиал) ДГТУ),  
346500, Шахты, ул. Шевченко, 147*

В статье рассмотрен автономный способ определения технического состояния бытовых холодильных приборов, основанный на оценке технического состояния по скорости снижения температуры воздуха в отделениях диагностируемого и эталонного бытовых холодильных приборов за фиксированный промежуток времени.

*Ключевые слова:* диагностирование, холодильный прибор, скорость охлаждения.

**FREE-STANDING METHOD FOR DETERMINING TECHNICAL STATE OF  
HOUSEHOLD REFRIGERATION DEVICE**

A.V. Kozhemyachenko, M.A. Lemeshko, V.V. Nikishin

*Institut service sector and enterprise (branch) of the DonState Technical University (ISOiP(branch)  
DGTU), 346500, Schachty, str. Shevchenko, 147*

The article describes a method based on the method of comparing the offices of cooling rates of diagnosed and standard household refrigerating appliance

*Keywords:* diagnosis, the refrigeration unit, the cooling rate.

**Актуальность работы**

Опыт эксплуатации бытовых холодильных приборов (БХП) показывает, что на изменение его технического состояния влияют такие эксплуатационные факторы, как:

- режим работы холодильной машины (зависит от установки терморегулятора);
- температура и скорость движения окружающего воздуха; температура кипения холодильного агента (зависит от конструктивного устройства БХП и вида хладагента);
- степени износа трибосопряжений хладонного компрессора;
- степени засорения внутренних полостей герметичного холодильного агрегата;
- количества хладагента в системе герметичного холодильного агрегата;

- плотности прилегания двери к холодильному шкафу и др.

Совокупность влияния этих факторов приводит к ухудшению технического состояния БХП, например, к увеличению его суточного энергопотребления.

Определение технического состояния БХП в условиях воздействия эксплуатационных факторов является современной актуальной задачей, особенно в рамках реализации требований закона Российской Федерации «Об энергосбережении, о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

<sup>1</sup>Кожемяченко Александр Васильевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры Технические системы жилищно-коммунального хозяйства и сферы услуг ИСОиП(филиал) ДГТУ в г. Шахты, тел.: +7918 503 81 30, email: tabn@dssa.ru;

<sup>2</sup>Лемешко Михаил Александрович – доцент кафедры Технические системы жилищно-коммунального хозяйства и сферы услуг ИСОиП(филиал) ДГТУ в г. Шахты, тел.: +7 988 252 85 53, email: tabn@dssa.ru;

<sup>3</sup>Никишин Владислав Викторович – студент группы ТМО-Тб31 ИСОиП(филиал) ДГТУ в г. Шахты, тел.: +7 951 494 84 25, email: ni.nikishin@yandex.ru

### **Анализ современных способов определения технического состояния БХП**

Современные конструкции БХП характеризуются увеличением степени автоматизации процессов регулирования холода, размораживания низкотемпературного отделения, отключения хладонового компрессора при перегреве [1]. Однако в них отсутствуют встроенные технические средства самодиагностирования технического состояния подсистем БХП и холодильной машины в целом в процессе эксплуатации.

Существующие способы определения технического состояния БХП в период технической эксплуатации характеризуются использованием громоздких измерительных средств, длительностью испытаний, применением шкальных манометров, ручным управлением процессов измерений, что обуславливает относительно высокую погрешность измерений. Они, как правило, не учитывают влияния температуры окружающего воздуха [1, 2].

Учитывая вышесказанное, в настоящее время особый интерес представляет решение задачи автономности процесса определения технического состояния БХП, увеличения достоверности оценки его технического состояния при сокращении затрат времени на диагностику.

### **Разработка автономного способа определения технического состояния БХП**

Предлагаемое решение поставленной задачи заключается в том, что техническое состояние БХП оценивается по скорости снижения температуры в низкотемпературном и холодильном отделениях БХП за фиксированный отрезок времени или по промежутку времени работы хладонового компрессора от включения до достижения в отделении (отделениях) установленного значения температуры. При этом сравнивается скорость охлаждения испытуемого БХП со скоростью охлаждения эталонного (заведомо исправного) БХП. По разности скоростей охлаждения судят о техническом состоянии диагностируемого БХП.

Реализация предлагаемого способа предусматривает процедуры размещения датчиков температуры в отделениях диагностируемого БХП, датчиков температуры окружающего воздуха, подключение устройства учета времени работы хладонового компрессора и использование контроллера для сбора и обработки информации, процессов измерений, вычислений и индикацию технического состояния БХП.

Основой разработки предлагаемого способа явились результаты исследований влияния температуры окружающего воздуха на

теплоэнергетические характеристики герметичного агрегата БХП [3, 4].

Согласно [6] при испытаниях холодильных агрегатов БХП, компрессор, входящий в состав агрегата, предварительно подвергали теплоэнергетическим испытаниям, результаты которых представили в виде семейства кривых  $G_a = f(T_k)$ , где:  $G_a$  – массовая производительность агрегата, кг/с;  $T_k$  – температура конденсации, К.

Массовую производительность  $G_a$ , полученную в результате испытаний холодильного агрегата по тепловому балансу калориметра со вторичным холодильным агентом, наносили на график, построенный ранее для испытаний компрессора.

### **Методика и результаты испытаний холодильного агрегата БХП**

Испытания холодильного агрегата проводили на калориметрическом стенде [1].

Для расширения функциональных возможностей при испытании холодильных агрегатов стенд снабжен байпасной линией, содержащей регулирующий орган, моделирующий эффект засорения линии высокого давления, и дифференциальный манометр, обеспечивающий контроль перепада давления хладона до и после регулирующего органа.

Испытания агрегата проводили в диапазоне температур кипения хладагента от 243 К до 263 К и температуре воздуха вокруг стенда от 289 К до 316 К, что соответствовало реальным условиям эксплуатации современных моделей БХП и требованиям ГОСТов 17008-85 и 16317-83.

Исследованиями установлено, что на определенном интервале изменения температуры в охлаждаемом отделении скорость охлаждения может быть описана линейной функцией.

Полученные зависимости температуры в отделениях БХП от времени работы хладонового компрессора при различных температурах окружающего воздуха на некотором диапазоне изменения температур в отделениях линейна, а скорость охлаждения (угол наклона линии) одинакова при различных температурах окружающего воздуха. Таким образом, измеряя скорость охлаждения при любых температурах окружающего воздуха, можно оценивать техническое состояние БХП. При этом скорость охлаждения определяет холодопроизводительность герметичного агрегата, объем охлаждаемого продукта и, в целом, техническое состояние всех подсистем БХП.

При диагностике или при определении технического состояния БХП отделения не загружаются продуктами и для каждого объема

отделения нового (эталонного) и диагностируемого БХП скорость охлаждения характеризует техническое состояние всех его подсистем в совокупности, а по отклонению фактической (измеренной) скорости охлаждения от эталонной оценивается его техническое состояние.

С другой стороны целесообразнее реализовывать диагностику технического состояния в процессе размораживания, что способствует автоматизации процесса диагностирования.

Модификации такого подхода позволяют определить техническое состояние различных подсистем БХП: герметичный агрегат, испаритель, конденсатор, компрессор, фильтр-осушитель.

В каждом случае решение об оценке технического состояния диагностируемой подсистемы БХП является ее интегральной оценкой по соответствию фактической и эталонной скоростям охлаждения.

Скорость охлаждения определяем из выражения:  $V_{охл} = \frac{\Delta T}{\tau}$ , где  $\Delta T$  – диапазон температур от начального значения (равного температуре окружающего воздуха) до конечного, измеренного, через установленный отрезок времени работы хладонового компрессора  $\tau$ .

Для эталонного БХП скорость охлаждения равна  $V_{\tau} = \frac{\Delta T_{\tau}}{\tau}$ , для диагностируемого –

$V_{\delta} = \frac{\Delta T_{\delta}}{\tau}$ , отклонение скорости охлаждения в диагностируемом БХП от скорости охлаждения

в эталонном БХП равно  $\Delta V_{охл} = \frac{\Delta T_{\tau} - \Delta T_{\delta}}{\tau_{\tau}}$ .

По величине этого отклонения оценивается техническое состояние диагностируемого БХП. Косвенно скорость охлаждения можно определить при одинаковом диапазоне изменения температур ( $\Delta T_{\tau} = \Delta T_{\delta}$ ) временем работы компрессора, затрачиваемым для охлаждения холодильного отделения до заданного ( $T_{охл.}$ ) значения температуры, т.е. измерять  $\tau_{\tau}$  и  $\tau_{\delta}$ , а техническое состояние БХП при этом определяется величиной:  $\Delta \tau_{охл} = \tau_{\delta} - \tau_{\tau}$ .

Так же скорость охлаждения можно косвенно определить путем задания одинакового периода времени работы компрессора для эталонного и для диагностируемого БХП, т.е. при  $\tau_{\tau} = \tau_{\delta} = \tau$ , тогда техническое состояние БХП определяется  $\Delta T = \Delta T_{\tau} - \Delta T_{\delta}$  – поотличию времени, затрачиваемого на охлаждение сравниваемых БХП.

**Выводы:** Таким образом, сущность рассматриваемого способа оценки технического состояния БХП заключается в сравнении скоростей охлаждения эталонной и диагностируемой холодильной машины.

При этом сравнение скоростей охлаждения может выполняться на основе:

- сведений о скоростях охлаждения (без загрузки продуктов нового БХП до начала его эксплуатации и после определенного срока эксплуатации);

- сведений о скорости охлаждения в однотипном БХП – эталоне, заведомо исправном и исправном;

- сведений об ожидаемой скорости охлаждения на основе теплотехнических расчетов;

- сведений, полученных с применением критериев подобия [5].

Рассматриваемый способ позволяет упростить процесс измерения и исключить присутствие оператора при снятии характеристик БХП.

### Литература

1 Стенд для испытания герметичного холодильного агрегата: [Текст] а.с. СССР № 1315762 МПК 4F25B 49/00 /И.В.Болгов, В.В.Левкин, А.В.Кожемяченко, С.Н.Алехин и др.; заявитель и патентообладатель Шахтинский технологический институт бытового обслуживания, № 389590/23-06; заявл. 16.05.85, опубл. 07.06.87, бюл. № 21.

2 Лепашев, Д.А. Ремонт бытовых холодильников/Д.А.Лепашев. – М.: Легпромиздат, 1989. – С.255-258.

3 Кожемяченко, А.В. Результаты экспериментального определения технического состояния бытовых холодильных приборов в процессе их эксплуатации [Текст]/А.В.Кожемяченко, Л.Д.Алексеев, В.А.Недохлебов/ Вестник Восточно-украинского национального университета им. В.Даля. – Луганск, № 2 (132), 2009. – С. 184-190.

4 Кожемяченко, А.В. Результаты испытания агрегата БХП в условиях воздействия эксплуатационных факторов [Текст]/А.В.Кожемяченко, С.П.Петросов //Известия ВУЗов. Северо-кавказский регион. Технические науки. – 2006, № 10. С. 134-136.

5 Способ определения технического состояния подсистем бытовых компрессионных холодильников [Текст]. Пат. № 2354899 Рос. Федерация МПК F25B 49/02 (2006.01) 01M 19/00. Першин В.А., Кожемяченко А.В., Русляков Д.В. и др.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Южно-Рос. гос. ун-т экономики и сервиса», № 2007120003, заявл. 29.05.2007; опубл. 10.05.2009, бюл. № 13.

6 Якобсон, В.Б. Малые холодильные машины/ В.Б. Якобсон. – М.: Пищевая промышленность, 1977. – 368 с.



## МАТЕРИАЛОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ СЕРВИСНОМ ОБСЛУЖИВАНИИ БЫТОВЫХ ХОЛОДИЛЬНИКОВ

А.В.Кожемяченко, М.А.Лемешко, О.С.Маслов

*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета (ИСОиП (филиал) ДГТУ), 346500, Шахты, ул. Шевченко, 147*

В статье рассмотрены конструкции стенда для сбора и регенерации холодильного агента, установки для сбора дефектации и регенерации смазочного масла, а также способ его дозирования, обеспечивающих реализацию материалосберегающих технологий при сервисном обслуживании бытовых компрессионных холодильников.

*Ключевые слова:* малая холодильная машины, холодильный агент, смазочное масло, сбор, дефектация, регенерация, ремонт, материалосберегающие технологии.

### MATERIAL-SAVING TECHNOLOGIES IN SERVICE MAINTENANCE OF HOUSEHOLD REFRIGERATORS

A.V. Kozhemyachenko, M.A. Lemeshko, O.S. Maslov

*Institut service sector and enterprise (branch) of the Don State Technical University (ISOiP(branch) DGTU), 346500, Schachty, str. Shevchenko, 147*

The article describes the design of the stand for the collection and recovery of refrigerants, collecting fault detection and recovery of the lubricating oil of small refrigerators material-saving ensuring the implementation of technologies in the repair of household refrigerating appliances

*Keywords:* small refrigerating machine, the refrigerant lubricating oil, collection, fault detection, recovery, repair, material-saving technology.

#### Актуальность работы

В настоящее время в эксплуатации у населения находится около 70 млн. бытовых холодильников компрессионного типа, приток которых на ремонтные предприятия постоянно увеличивается. Опыт работы сервисных предприятий по обслуживанию и ремонту бытовой техники показывает, что дефицитное рабочее тело R-12 безвозвратно выпускается в атмосферу, разрушая её [1,5].

Выпуск хладона реализуется, как в процессе обкатки холодильных агрегатов, так и в период их разгерметизации при разборке. С учетом того, что средняя доза заправки составляет  $0,1 \div 0,12$  кг, расход рабочего тела в расчете на страну составляет десятки тонн.

С другой стороны, при ремонте бытовых компрессионных холодильников замена масла производится путем слива отработанного и заправки нового. Однако использование данного метода приводит к значительным потерям хладонного масла. В то же время сервисные

предприятия, которые организовали восстановительный ремонт герметичных компрессоров, испытывают острую нехватку в смазочных материалах. Поэтому проблема повторного использования компонентов рабочей среды холодильных агрегатов, несомненно, актуальна и важна.

В настоящее время на предприятиях-изготовителях бытовых холодильных приборов применяют двухстадийное вакуумирование до остаточного давления 2660 Па с удалением технологической дозы холодильного агента в окружающую среду. Аналогичный процесс реализуется при разгерметизации системы агрегата во время его разборки в процессе ремонта. Это приводит к неоправданным потерям хладона и загрязнению окружающей среды: в составе паров хладона-12 содержатся неконденсирующиеся примеси в виде диоксида или оксида углерода, метана, фтористого или хлористого водорода и др.

<sup>1</sup>Кожемяченко Александр Васильевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры Технические системы жилищно-коммунального хозяйства и сферы услуг ИСОиП(филиал) ДГТУ в г. Шахты, тел.: +7918 503 81 30, email: tabn@dssa.ru;

<sup>2</sup>Лемешко Михаил Александрович – доцент кафедры Технические системы жилищно-коммунального хозяйства и сферы услуг ИСОиП(филиал) ДГТУ в г. Шахты, тел.: +7 988 252 85 53, email: tabn@dssa.ru;

<sup>3</sup>Маслов Олег Сергеевич – студент группы ТМО-Тв31 ИСОиП(филиал) ДГТУ в г. Шахты, тел.: +7 98857044 06 email: nekstors@yandex.ru

В свете современных требований бес-  
полезные потери хладагента и нарушение требо-  
ваний экологии представляются недопустимы-  
ми.

**Разработка принципиально нового  
технологического оборудования для  
реализации материалосберегающих  
технологий**

С учетом изложенного, авторами разра-  
ботана принципиальная схема стенда для сбора  
и регенерации отработанного хладагента (рисунок  
1) и реализован экспериментальный обра-  
зец[2,4].

Стенд содержит компрессор 18, обогре-  
ваемый сборник 15 масла, выполненный в виде

кожухотрубного теплообменника с внутренним  
трубопроводом 16 и нагревателем 17, нагрева-  
тельную емкость 3, маслоотделитель 13, к ко-  
торому через запорный вентиль 5 подключена  
паровая полость сборника 15 масла, первый  
конденсатор 10 с водяным охлаждением, бай-  
пасную линию 7 с вторым конденсатором 8  
также с водяным охлаждением, ресиверы 21 и  
25, причем последний посредством капилляр-  
ной трубки 27 подсоединен к выходу дроссель-  
ного вентиля 26, датчик температуры 19, мик-  
ропроцессор 28, нагреватель 4 устройство 1 для  
подсоединения установки к ремонтируемому  
герметичному агрегату, фильтр-осушитель 22,  
вентили 2,5,6,9,11,12,14,20,24,26 и полумуфту  
23.

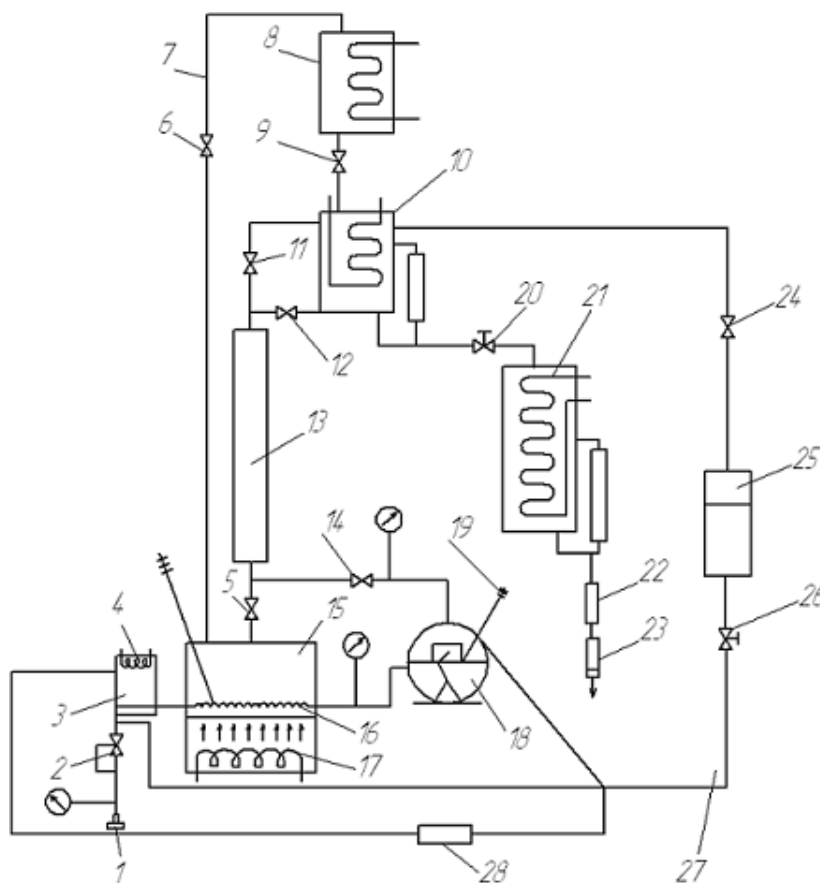


Рисунок 1 – Схема стенда для сбора и регенерации хладагента

При работе стенда с помощью устрой-  
ства 1 его подключают к ремонтируемому гер-  
метичному агрегату. При включении компрес-  
сора 18 осуществляют отбор хладагента из аге-  
рата. Дроссельный вентиль 2 снижает давлe-  
ние всасывания, например, с 0,5...0,6 до

0,15...0,2 МПа. Компрессор 18 нагнетает пары  
хладагента при открытом вентиле 14 в масло-  
отделитель 13 и далее при закрытом вентиле 12  
в первый конденсатор 10, из которого при за-  
крытом вентиле 24 жидкий хладагент поступа-  
ет в ресивер 21. Далее через фильтр-осушитель

22 при открытии полумуфты 23 жидкий хладагент поступает в емкость для его сбора или подается непосредственно на зарядку герметичного агрегата. При достижении температуры всасывания на входе в трубку всасывания компрессора 18 порядка  $333 \div 338$  К срабатывает датчик 19 температуры, который управляет работой микропроцессора 28, сигнал которого включает нагреватель 4 в нагревательной емкости 3, который производит нагрев всасываемого пара до  $313 \div 318$  К, что приводит к снижению интенсивности подогрева всасываемого пара в кожухе компрессора 18 до начала сжатия. При этом температура конца сжатия не превышает допустимой.

Для очистки маслоотделителя 13 от масла часть жидкого хладагента из первого конденсатора 10 при открытом вентиле 12 подается в маслоотделитель 13, откуда хладагент при открытом вентиле 5 стекает в обогреваемый сборник 15, по мере заполнения которого при закрытом вентиле 5 включается нагреватель 17 и пар хладагента по байпасной линии 7 при открытом вентиле 6 поступает во второй конденсатор 8, при этом вентиль 9 закрыт. По мере заполнения второго конденсатора 8, давление в котором ниже, чем в первом конденсаторе 10, открывают вентиль 9, и хладагент подается в первый конденсатор 10, из которого при открытом вентиле 24 производится заполнение ресивера 25.

При достижении вакуумных режимов в процессе отбора хладагента открывается вентиль 26 и по капиллярной трубке 27 часть хладагента подается во всасывающий тракт компрессора 18 перед нагнетательной емкостью 3, что обеспечивает создание небольшого избыточного давления порядка  $0,01 \dots 0,02$  МПа, что приводит к повышению надежности компрессора.

С целью решения вопроса о повторном использовании смазочного масла проведены специальные исследования, в результате которых получен следующий вывод: в тех случаях, когда отказы агрегата не оказывают существенного влияния на качество смазочного масла, имеющаяся в системе доза может быть использована для повторного использования. Полное удаление масла из системы холодильного агрегата целесообразно только при разрез-

ке кожуха герметичного компрессора с последующей промывкой специальными рабочими телами (R11, R30 и т.д.).

В противном случае слив масла приводит к перераспределению эксплуатационных отложений оседающих в масляной ванне, в пределах всей конструкции компрессора. Следствием этого явится рост отказов в процессе последующей эксплуатации. Особенно неблагоприятным, с этой точки зрения, является попадание продуктов разложения из износа в зазоры сопрягаемых пар (поршень-цилиндр, корпус-вал, ползун-обойма и т.д.) и клапанный механизм.

На основании вышеизложенного нами разработана установка для дефектации, сбора и регенерации холодильных масел (рисунок 2).

Целью создания установки является удаление из смазочного масла загрязнений и остатков холодильного агента с использованием в качестве рабочих тел хладонов ограниченной и неограниченной растворимости [3].

Установка содержит бак 1 для отработанного смазочного масла, соединенный посредством фильтра грубой очистки 2 с баком-отстойником 3 с уровнем 4, сливной патрубком которого соединен через фильтр-сборник с масляным насосом 6. Спускной патрубок 7 бака-отстойника 3 подсоединен к баку-распределителю 8, в котором установлены мешалка 9 и паровой патрубок 10, подключенный к всасывающему патрубку компрессора 11, нагнетательный патрубок которого подсоединен к конденсатору 12 водяного охлаждения, соединенному с баком 13 с хладоном неограниченной растворимости и регенерируемым маслом, подсоединенным к баку-отстойнику, в котором расположен затвор-оболочка 14, соединенный с помощью трубопроводов 15 и 16 с всасывающим и нагнетательным патрубками компрессора 11.

Для отделения механических загрязнений предусмотрен бак 17 с хладоном ограниченной растворимости и регенерируемым маслом. Насос 6, посредством фильтра тонкой очистки 18, соединенный с адсорбционными колонками 19 и 20 для поглощения влаги и кислот, подает холодильное масло в сменную тару 21.

Для подачи масла из бака-распределителя 8 в насосе 6 предусмотрен сливной патрубок 22. Для обеспечения процесса регенерации установлены запорные вентили ВН1...ВН17.

При работе установки отработанное масло в процессе ремонта хладонных компрессоров после сбора и дефектации сливают в бак 1, откуда оно поступает через фильтр грубой очистки 2 при открытом вентиле ВН1 в бак-отстойник 3 с уровнемером 4 и затвором-оболочкой 14, находящемся в исходном положении. В бак-отстойник 3 поступают также хладоны с ограниченной и неограниченной растворимостью соответственно из баков 17 и 13 через открытые вентили ВН2 и ВН4. Введение хладона с неограниченной растворимостью снижает вязкость масла и увеличивает интенсивность оседания загрязнений на дно бака-отстойника 3, что уменьшает трудоемкость ре-

ализации процесса регенерации, а введение хладона с ограниченной растворимостью – отделение отстоя загрязнений масла. Наличие затвора-оболочки 14 при введении в него газообразного хладона с помощью компрессора 11 по трубопроводу 16 при открытых вентилях ВН5 и ВН12 позволяет предотвратить смешивание осадка с хладоном ограниченной растворимости при удалении масляного слоя посредством спускного патрубка 7 в бак-распределитель 8 при открытом вентиле ВН8. При заполнении бака-распределителя 8 на 0,7 его высоты вентиль ВН8 закрывается и включается мешалка 9, способствующая интенсификации выделения хладона из регенерируемой массы масла, который посредством компрессора 11 через патрубок 10 отсасывается и подается в конденсатор водяного охлаждения 12.

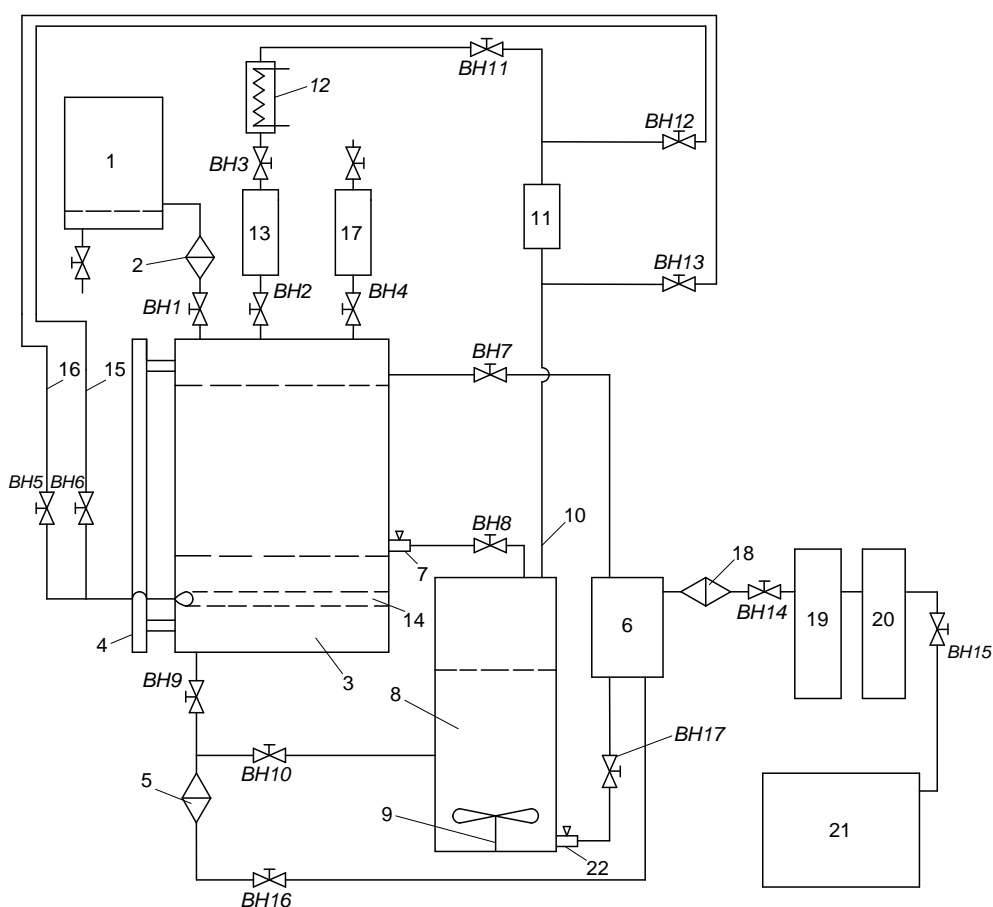


Рисунок 2 – Принципиальная схема установки для сбора, дефектации и регенерации масла

Через сливной патрубков 22 холодильное масло поступает в насос и подается через фильтр тонкой очистки 18 в адсорбционные колонки 19 и 20 и сменную тару 21. При этом вентили ВН14 и ВН15 открыты, а вентиль ВН17 закрыт.

Для удаления осадка загрязнений из бака-отстойника 3 и бака-распределителя 8 их посредством трубопроводов при открытых вентилях ВН9 и ВН10 подсоединяют к фильтр-сборнику 5 разборного типа, откуда масло с хладоном ограниченной растворимости насосом 6 подается вновь в бак-отстойник 3. При этом вентиль ВН7 открыт, вентиль ВН14 закрыт, а затвор-оболочка 14 находится в исходном положении, что обеспечивает удаление из нее хладагента по трубопроводу 15 компрессором 4 при открытых вентилях ВН5 и ВН13.

Жидкий хладагент из конденсатора 12 при открытом вентиле ВН3 поступает в бак 13 с хладоном неограниченной растворимости и регенерируемым маслом.

#### **Разработка технологий дозирования смазочного масла**

При решении задачи экономии смазочного масла особое значение приобретает разработка способа определения необходимой дозы смазочного масла с целью обеспечения повышения качества ремонта бытовых холодильников и экономии смазочных материалов [6]. В связи с этим рекомендуется дозирование осуществлять в установившемся режиме работы компрессора в соответствии с максимальным эксплуатационным противодействием с предварительной выдержкой агрегата и масла в режиме максимальных эксплуатационных температур и подачей в течение всего времени выдержки на обмотки встроенного электродвигателя стабилизированного напряжения, равного  $\frac{1}{2} I_{ном}$ , причем дозирование заканчивают при стабилизации потребляемой мощности.

Определение необходимой дозы смазочного масла, заправляемого в отремонтированный холодильный агрегат, рекомендуется осуществлять в следующей последовательности. Собранный холодильный агрегат после вакуумирования заправляется необходимой дозой хладагента и технологической дозой масла. При этом, в случае замены компрессора на новый или восстановленный в агрегат заправляется доза масла, являющаяся технологической и заниженной по сравнению с требованиями. При замене какого-либо вышедшего из строя другого элемента холодильного агрегата технологической дозой является масло, оставшееся в системе. Таким образом, в обоих случаях в системе холодильного агрегата заведомо достигается недостаточное количество смазочного масла, что упорядочивает процесс достижения его необходимой дозы.

При обкатке и проверке холодопроизводительности агрегата с целью сокращения потерь времени выхода испытуемого агрегата в установившейся режим последний подвергают выдержке в термокамере в режиме максимальных эксплуатационных температур ( $328 \pm 0,1\text{K}$ ) при подаче в течение 0,5 ч на обмотки встроенного электродвигателя стабилизированного напряжения, равного  $\frac{1}{2}$  номинального. При выходе испытуемого агрегата в установившийся режим наряду с проверкой обмерзания испарителя по РСТ 59-85 контролируют потребляемую мощность. В случае ее заниженной величины осуществляют добавление масла путем принудительной подачи в кожух компрессора до стабилизации напряжения в соответствии с требованиями ГОСТ 16317-83. При этом подача масла осуществляется с помощью масляного насоса при давлении, превышающем давление в кожухе компрессора, через трубопровод с малым расходом.

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Г.В. Лепеш<sup>1</sup>, А.С.Панасюк<sup>2</sup>, А.С. Чурилин<sup>3</sup>

*Санкт-Петербургский государственный экономический университет (СПбГЭУ),  
191023, Санкт-Петербург, ул. Садовая, 21*

Предлагается, на фоне стандартных решений, новый подход согласований фаз разнородных материалов с новыми свойствами простым механическим совмещением при нормальных условиях. Рассмотрена увязка проблем очистки сточных вод предприятий с решением задач экономики и экологии. Следует выделить такие аспекты проблемы как: мониторинг вредных компонентов, экономичность методов обработки вод и разработку новых методов производства эффективных сорбентов и реагентов.

*Ключевые слова.* Проблема очистки сточных вод, сервисные предприятия, экология, мониторинг вредных компонентов, эффективные сорбенты и реагенты, безотходность, рациональная утилизация.

### MODERN METHODS OF SEWAGE TREATMENT OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

G.V. Lepesh, A.S.Panasyuk, A.S. Churilin

*St. -Petersburg state university of economics (SPbGEU),  
191023, St. Petersburg, street Sadovaya, 21*

It is proposed, on the background of standard solutions, a new approach approvals phase of heterogeneous materials with new properties of simple mechanical combination under normal conditions. Relationship of the problems of waste water companies purification with the decision of problems of economy and ecology was considered. It should be mentioned such aspects as: monitoring of harmful components, economical methods of water treatment and the development of new methods for the production of effective sorbents and reagents.

*Keywords:* The problem of wastewater treatment, service of the enterprise, ecology, monitoring of harmful components, effective sorbents and reagents, wastereduction, rational utilization.

#### Введение

С позиций экологии, безопасности жизнедеятельности научный и технический прогресс при активизации влияния человека на природу приводит к обострению и ухудшению экологической обстановки в России [1]. При этом, истощаются природные ресурсы, загрязняется природная сфера. Обостряется экономическая и политическая борьба за территории. Как следствие – нарушаются сырьевые рынки, ухудшается качество жизни. Отсюда – актуальна ориентация экологической политики государства, законодательства, научных аспектов экологического права на обеспечение экологической безопасности населения, на охрану природных сред и более рачительное использования сырьевых ресурсов страны. Актуальна и другая сторона проблемы – материального возмещение в той или иной форме вреда, причиненного природе и здоровью людей. Безусловно, всё это должно осуществляться в комплексе

с экономическими, политическими, нравственно-воспитательными и образовательными мерами со стороны российского государства на уровне законодательных основ [1,2].

Россия, обладающая огромными территориями, по сравнению со многими другими странами, относится, к сожалению, к странам с плохой экологической обстановкой. Загрязнение природной среды достигло невиданных за последние годы масштабов и продолжает ухудшаться. Так, убытки экономического характера, принимая во внимание вред экологического характера и здоровью людей, по подсчетам специалистов, ежегодно составляют в России сумму, равную почти половине её национального годового дохода. Так, более 30 тыс. предприятий на сегодня являются активными и агрессивными загрязнителями окружающей среды. Конечно, речь идёт о воздухе, недрах, сточных водах, в итоге о подорванном здоровье граждан страны.

<sup>1</sup>Лепеш Григорий Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Машины и оборудование бытового и жилищно-коммунального назначения, СПбГЭУ, тел.: +7 921 751 2829, e-mail: gregoryl@yandex.ru;

<sup>2</sup>Панасюк Андрей Сергеевич – аспирант кафедры Машины и оборудование бытового и жилищно-коммунального назначения, СПбГЭУ, тел.: +7 981 860 9114, e-mail: dollar9210@gmail.com;

<sup>3</sup>Чурилин Александр Сергеевич - доцент кафедры «Менеджмент таможенного и страхового сервиса» СПбГЭУ, тел. +7 911 328-63-24, e-mail: drozdov\_gd@mail.ru.

### Критерии и методический подход к оценке методов очистки сточных вод

При оценке качества воды существует несколько критериев. На первом месте стоит фактор нормирования, включающие лимиты на изъятие воды из источников, лимиты на сброс сточных вод и предельных масс загрязнений по каждому ингредиенту [3]. Далее водопользование подразумевает три основных вида [4]:

- 1) гигиенические требования к питьевой воде;
- 2) к качеству воды культурно бытового назначения;
- 3) к водам рыбохозяйственных целей.

С переходом России к рынку принципиально изменились отношения к экологии и сырьевым ресурсам, к технической политике, совершенствованию методов и средств очистки сточных вод с целью извлечения из них полезных элементов и рациональной утилизации отходов. Однако по-прежнему актуальной осталось проблема приоритетной защиты отечественных «ноу-хау», особенно в вопросах экологии, усугубляющая тяжелую социальную среду. Таким образом, появляется необходимость разработки критериев и методов минимизации затрат при сохранении природных источников и очистке сточных вод. Есть необходимость рассчитать социально-экономическую эффективность, если речь идёт о внедрении безотходных технологий, связанных с экологией, что улучшает социальную обстановку и престиж страны на мировом уровне.

Рассмотрим некоторые моменты увязки этих проблем с решением задач экономики и экологии. Следует выделить такие аспекты проблемы как: мониторинг вредных компонентов, экономичность методов обработки вод и разработку новых методов производства эффективных сорбентов и реагентов. Отдельной статьёй стоит безотходность процессов.

В индустриально развитых странах существуют те же проблемы, которые часто ре-

шаются методами рациональной утилизации. Чаще всего опыт этих стран для нас неприемлем из-за технической неподготовленности наших предприятий. Специфика России состоит в нестабильности переходного периода, отсутствии возможностей эффективно вкладывать инвестиции в нетрадиционные отрасли производства.

Актуальность проблемы обостряется и тем, что в России, как нигде в мире, накоплено большое количество не востребовавшихся сыпучих, волокнистых, пленочных, масляных отходов текстильной, легкой промышленности, транспорта, смежных отраслей и стройиндустрии, которые используются нерационально (сжигаются, свозятся на свалку), загрязняют водную среду в зоне действия предприятий и вокруг индустриальных центров.

На практике используются сорбенты и различные методы очистки вод по четырём группам дисперсности:

I – взвеси с размером частиц более  $10^{-1}$  мкм, эмульсии и суспензии создающие мутность воды, включая микроорганизмы и планктон;

II – коллоидные растворы с размерами частиц  $10^{-1} - 10^{-2}$  мкм, высокомолекулярные соединения, обуславливающие окисляемость и цветность воды, вирусы;

III – молекулярно-растворённые вещества с размерами частиц  $10^{-2} - 10^{-3}$  мкм, газы, органика, придающая воде запахи и привкус;

IV – вещества, диссоциирующие на ионы с размерами частиц менее  $10^{-3}$  мкм, соли, кислоты, основания.

Таким образом, необходимо исследовать весь комплекс: потенциальные возможности разработки методов и производства сорбентов и методов очистки сточных вод (табл. 1), методы мониторинга и оценки социально-экономической эффективности с учетом минимизации затрат на все виды переработки.

Таблица 1 – Методы очистки сточных вод

Очистка от суспензий и эмульсий	Очистка от растворённых примесей	Очистка от органики и газов	Уничтожение или утилизация
Механическая очистка, отстаивание, флотация, фильтрование, осветление, центробежные методы, коагуляция, флокуляция, электрометоды и др.	Дистилляция, ионный обмен, обратный осмос, ультрафильтрация, Замораживание, реагентные методы, электрометоды и др.	Регенерация, отдувка, деструктивные методы экстракция, биометоды, озонирование, хлорирование, нагрев, реагентные методы, электроокисление и др.	Устранение, закачка в скважины, термоуничтожение и переработка в брикеты, закачка в глубины моря, захоронение в почву и пр.

Один из аспектов гипотезы переработки отходов в сорбенты, использование основ термодинамической теории при модификации реологических субстанций (путем механической и термодинамической деструкции и регенерации) и при трансформации фаз сырьевых материалов. Это может быть реализовано при переработке отходов в базовые компоненты, из которых могут быть получены новые композиты с заданными свойствами.

Речь идет о создании новой теории согласований фаз разнородных материалов с новыми свойствами простым механическим совмещением при нормальных условиях. Таким образом, можно получать принципиально новые сорбенты, используя промежуточные фазы или балластные материалы. В литературе нет сведений о прямом использовании отходов отвержденных коллоидных субстанций или раз-

жиженных твёрдых примесей для производства связующих или сорбентов. Важно отметить, что необходимым условием реализации концепции является исключение, с целью создания предельно безопасных для здоровья технологий, использования вредных химических процессов и реактивов. Использование методов переработки на принципе механического смешивания разномодальных и разнофазных компонентов позволяет существенно изменить подход к методике проектирования оборудования переработки отходов в потребительские товары. Физико-механический подход к переработке сточных вод позволит успешно использовать области молекулярной физики, термодинамики, технологии конструкционных материалов и позволяет создать научные основы проектирования технологии (рис.1).

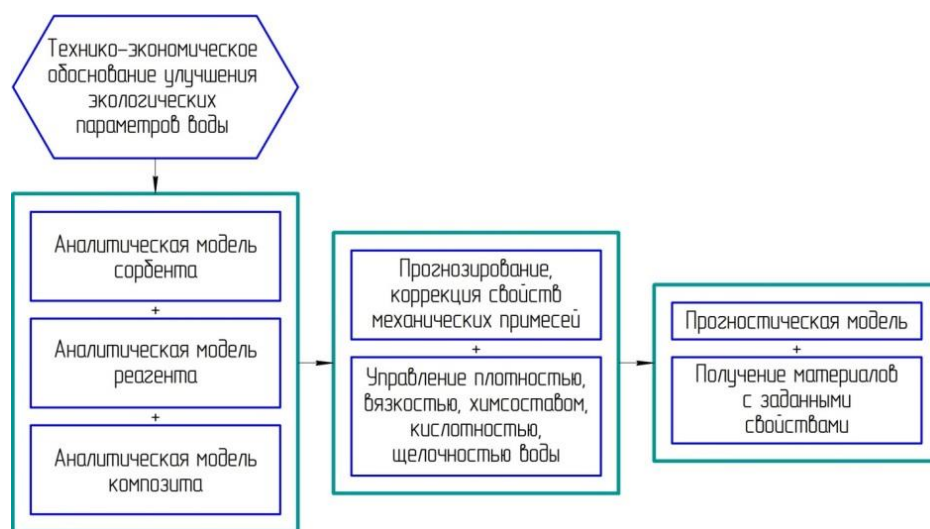


Рисунок 1 – Алгоритм реализации

Методы очистки делятся на механические, химические, физико-химические, термические и биологические. Возможно комбинированное их использование. Применение методов в каждом конкретном случае определяется характером загрязнения и степенью их вредности.

Эффективно применение способа электрохимической очистки стоков [5], содержащие стоки металлов, кислот и щелочей, которые позволяют одновременно с очисткой извлекать и использовать основную массу ценных продуктов и металлов. Электрохимическая обработка является разновидностью физико-химического метода, когда процесс электрохимической очистки сточных вод происходит под действием электрического тока. Эти методы отличаются многостадийностью и относительной сложностью происходящих в аппаратах водоочистки физико-химических явлений. Ме-

ханизм и скорость протекания отдельных стадий зависят от многих факторов, выявление влияния и правильный учет которых необходимы для оптимального конструирования электролизеров и рационального ведения процессов очистки воды.

Основываясь на законах физической химии, электрохимии и химической технологии, электрохимические методы очистки промышленных сточных вод можно разделить на три основные группы: методы превращения, методы разделения и комбинированные методы.

Методы превращения обеспечивают изменение физико-химических и фазово-дисперсных характеристик загрязнений сточных вод с целью их обезвреживания и быстрого извлечения из стоков. Превращение примесей может проходить ряд последовательных ста-



дий, начиная с электронного уровня взаимодействия растворимых соединений и заканчивая изменением каких-либо электроповерхностных и объемных характеристик грубодисперсных веществ, содержащихся в сточных водах.

*Методы разделения* предназначены для концентрирования примесей в локальном объеме раствора без существенного изменения фазово-дисперсных или физико-химических свойств извлекаемых из сточных вод веществ. Разделение примесей и воды происходит в основном за счет флотации электрогенерируемыми пузырьками газов или силового воздействия электрического поля, обеспечивающего транспорт заряженных частиц в воде.

К комбинированным методам электрохимической очистки сточных вод относятся методы, которые предполагают совмещение одного или нескольких методов превращения и разделения загрязнений стоков в одном аппарате.

*Электрофлотация* заключается в насыщении очищаемой воды микропузырьками водорода и кислорода, образующимися при ее электролизе под действием постоянного электрического тока. Кислород окисляет находящиеся в воде нефтепродукты, образуя более простые соединения, а пузырьки водорода, обладая большой подъемной силой, увлекают за собой на поверхность воды частицы нефтепродуктов и скоагулированных взвешенных веществ.

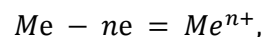
*Электрокоагуляция* (гальванокоагуляция) – устаревшие технологические методы, которые до настоящего времени используются на машиностроительных и металлообрабатывающих предприятиях для очистки сточных вод гальванического производства (в основном для очистки хромсодержащих сточных вод от ионов хрома  $Cr^{6+}$ ). В данных методах по электрохимическому механизму растворяют железо, и образовавшиеся ионы  $Fe^{2+}$  восстанавливают шестивалентный хром  $Cr^{6+}$  до трёхвалентного  $Cr^{3+}$  с последующим образованием гидроксида хрома. Различие электрокоагуляции и гальванокоагуляции заключается в способе растворения железа. В *электрокоагуляционном методе* железо растворяется электрохимически при наложении на стальные аноды потенциала от внешнего источника питания. В *гальванокоагуляционном методе* железо растворяется гальванохимически за счет разности потенциалов, возникающей при контакте железа с медью или коксом. Следовательно, оба метода различаются движущей силой процесса растворения металлического железа, что и определяет их технологические различия.

Электролиз растворов солей с растворимым анодом сводится к окислению материала анода (его растворению) и сопровождается переносом металла с анода на катод. Это свойство широко используется при рафинировании (очистке) металлов от загрязнений.

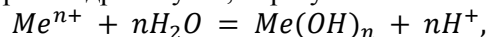
Если материал анода имеет потенциал более отрицательный, чем потенциал окисления гидроксид-ионов до свободного кислорода, то происходит растворение анода и эта разновидность электролиза называется *электролизом* с растворимым анодом.

При электрохимической обработке используются растворимые и нерастворимые электроды. В качестве растворимых, например, используют алюминиевые, железные и другие электроды, ионы которых, выходя в раствор при электролизе, обладают хорошими свойствами коагуляции.

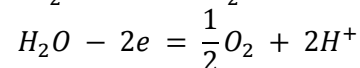
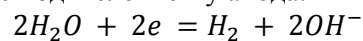
На растворимых электродах происходит ионизация металла с переходом в раствор его ионов



которые гидролизуются, образуют:



то есть, гидроксиды металлов являющиеся хорошими коагулянтами загрязнений и адсорбентами для уже коагулированных частиц. При электролизе происходит разложение воды с подщелачиванием обрабатываемой жидкости у катода и с подкислением у анода:



При прохождении жидкости между электродами под воздействием электрического поля происходит нейтрализация заряда загрязняющих частиц с последующей их коагуляцией. Одновременно пузырьки газа, который образовался при электролизе, осуществляют флотацию загрязнений. Процессы, происходящие при электрохимической очистке на установке с алюминиевыми электродами, представлены на рис.2.

В качестве нерастворимых анодов используют материалы с большими положительными восстановительными потенциалами (**Pt, Au, C**) или металлы с высокими значениями анодной поляризации (*Ta, Ti, Fe* в щелочной среде и др.). В практике очистки воды и водных стоков применяются нерастворимые электроды из графита, магнетита – МГА, металл-оксидный анод – МОА, платинатитановый анод – ПТА, оксидно-рутенийтитановый анод – ОРТА, аноды из пиррографита или стеклоуглерода и пр.

Нерастворимые электроды, кроме процесса электрохимической флотации загрязнений, при  $pH = 8,9$  дают процесс электрохимической деструкции загрязнений на катоде и на аноде. Тогда обеззараживание сточных вод происходит ионами гипохлорита, которые об-

разуются на аноде. Это имеет место при наличии в сточных водах хлоридов или при появлении при электрохимических процессах перекиси водорода и озона.

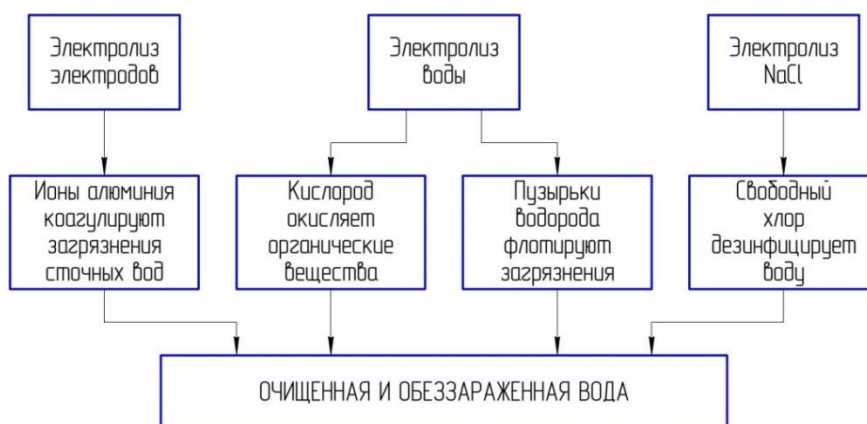


Рисунок 2 – Примерная схема технологического процесса электрохимической обработки сточных вод на установках ЭОС

### Электрореагентная очистка водных растворов и коллоидных смесей

Электрореагентная очистка питьевой воды сочетает традиционную реагентную очистку питьевой воды путем последовательной дозации кислот РС1 и щелочной РС2 смесей в очищаемую воду с электрообработкой ее

в электрохимических реакторах. Современная технология электрореагентной очистки воды [6] и реализована в установках, включающих две последовательные стадии электрообработки с промежуточным удалением осадков между ними [7]. Принципиальная схема установки [7] представлена на рис. 3.

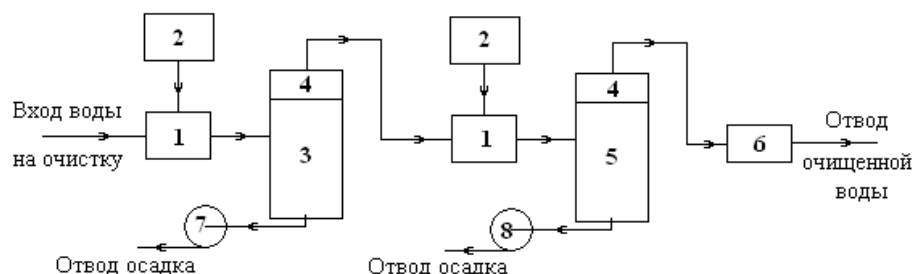


Рисунок 3 – Принципиальная схема установки электрореагентной очистки воды: 1 – смеситель; 2 – дозатор реагентов; 3 – электрореагентный реактор, 4 – насос; 5 – отстойник-дозреватель; 6 – стерилизатор; 7, 8 – насосы отвода осадка.

Первой операцией обработки воды является смешение воды с реагентной смесью. Введение дозированного количества реагентов в обрабатываемую воду производится с помощью струйного насоса-дозатора. В результате операции в воду поступают структурообразующие вещества, устанавливается необходимое значение водородного показателя ( $pH$ ) воды и производится ингибирование микроорганизмов.

Электрообработка проводится в двухсекционном электрохимическом реакторе [8], где вода рециркулирует под действием осевого насоса. На стадии электрообработки вода подвергается действию постоянного и импульсного электрического тока. Обработка обеспечивает структурирование и выделение в осадок взвешенных веществ и примесей тяжелых металлов, окислительную деструкцию токсичных веществ, органических загрязнений, хлорпроизводных, СПАВ, и микроорганизмов. Процесс

электрообработки основан на реакциях электрокаталитического окисления, гидроксирования и поликонденсации с сопутствующим синтезом нерастворимых комплексных солей, структурированных в крупнодисперсные коллоидные ассоциаты, пригодные для отделения отстаиванием и фильтрованием.

Осадки, выделяемые из воды при очистке и кондиции соответствуют классу токсичности лучше Класс 5 (пригодны для отсыпки в грунт), а также пригодны для сброса в хозяйственную канализацию или для вывоза на свалки бытовых отходов.

После электрообработки вода поступает в реактор щелочного титрования и далее в отстойник-дозреватель, где завершаются процессы коагуляции и структурирования и происходит отделение основной массы крупнодисперсного осадка.

В качестве реагентных смесей используются водные растворы: PC1 –  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и PC2 –  $\text{NaOH}$  (80%) +  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (20%), формирующие соответственно кислую и щелочную среды в реакторе и титраторе соответственно.

Не выпавшие в отстойнике частицы структурированных водных ассоциатов улавливаются фильтрами. Осадок, уловленный фильтрами, в процессе регенерации фильтров сбрасывается вместе с осадками из отстойников. Отделенный от воды осадок периодически откачивается из донной части отстойника или с фильтрующих элементов на обезвоживание и утилизацию. Фильтрат (очищенная вода) подвергается обеззараживанию пергидратом хлора и путем облучения бактерицидными лампами в закрытой полости над зеркалом воды и отводится в систему канализации или водоприемник.

#### Распространённые прикладные методы очистки сточных вод

Самые используемые в настоящее время методы очистки сточных вод от крупнодисперсных агентов является процесс фильтрации стоков через пористые материалы или сетки с нужным пространственным рейтингом фильтрации – очистка сточных вод с использованием указанных процессов важна, если необходимо использование оборотной воды внутри предприятия

Принципиальная схема узла механической очистки сточных вод представлена на рис. 4.

Получили распространение аэротенки-отстойники с различными системами аэрации. Их можно отнести ко второму поколению био-

химических реакторов для очистки концентрированных сточных вод, поскольку в них имеются элементы для задержки сопутствующей биомассы. Среди реакторов-отстойников нет принципиальных различий, важно, чтобы система аэрации соответствовала требуемому уровню обеспечения процесса кислородом и отсутствовали застойные явления.

Критериями для аэраторов различных типов, размеров и различных реакторов являются значения пределов ( $a$  – коэфф. аэрации)

$$0,4 < a < 0,95 \text{ и } 0,11 < 0 < 0,7.$$

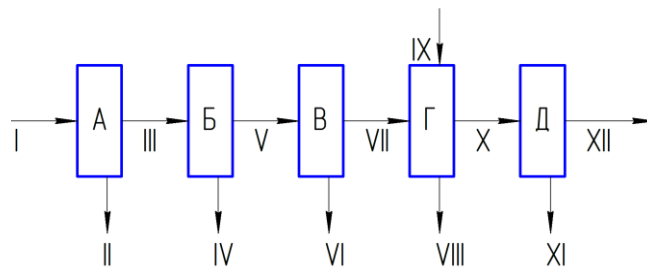


Рисунок 4 – Многоступенчатая схема: А – решетка, Б – песколовка, В – горизонтальный отстойник, Г – осветлитель, Д – пресс-фильтр; I – сточная вода от производства; II – шлам, осевший на решётке; III – вода на дальнейшую очистку; IV – осадок песколовки; V – вода на доочистку в отстойник; VI – шлам отстойника; VII – вода в фильтр; VIII – шлам осветлителя; IX – сточные воды от производства катализатора гидрокрекинга в качестве коагулянта; X – вода на фильтр; XI – осадок фильтра; XII – вода на дальнейшую доочистку.

Применения анаэробных процессов очистки к концентрированным стокам промышленных предприятий обусловлено способностью сообществ микроорганизмов продуцировать энергетическое сырье – биогаз, снижая концентрацию субстратов до уровня, приемлемого для последующего этапа.

К другим достоинствам анаэробной обработки можно отнести образование осадков, представляющих собой ценное органическое удобрение, или потенциальное сырье для получения протеина, биологически активных веществ и сопутствующих материалов народного потребления.

В соответствии с законом Аррениуса скорость процессов ферментации возрастает с увеличением температуры вплоть до  $60\text{ }^\circ\text{C}$  – максимальной для практической реализации метанового брожения, а при температуре  $35\text{ }^\circ\text{C}$  скорость газовыделения вдвое выше, чем при  $26\text{ }^\circ\text{C}$  поэтому в реакторах непрерывного действия глубина сбраживания зависит от времени пребывания жидкости и степени задержки рециркуляции.

Применяют также реакторы с восходящим потоком – Upflowreactors, в которых перемешивание осуществляется подаваемым снизу вверх потоком циркулирующей культуральной жидкости, при этом скорость осаждения частиц должна быть больше скорости восходящего потока смеси.

На рис. 5 даётся полная принципиальная схема системы анаэробной очистки с применением биогаза для подогрева сбрасываемой жидкости, состоящей из смеси отходов разных предприятий. Более эффективны анаэробные реакторы с наклонными перегородками, рис. 6

Таблица 2 – Показатели работы анаэробных реакторов при переработке стоков различных производств

Сточная вода	Температура, °С	Нагрузка по органическому веществу, кг/(м <sup>3</sup> сут)	Глубина очистки, %
Переработки окислов	22	1,92	43 (по БПК)
Производства щелочей	32	3,79	56 (по БПК)
Консервного фосфатов	35	5-7,3	88-91 (по ХПК)
Гидратов	35	-	98 (по БПК)
Хлоридов	32-34	2,4	91 (по БПК)
Общехозяйственные стоки	35	1,60	90 (по БПК)

Таблица 3 – Влияние концентрации примесей на анаэробный процесс, мг/л

Компонент	Стимуляция	Угнетение	Токсичность
Аммонийный азот	50-200	1,500-,500	3,000
Натрий	100-200	3,500-,500	8.000
Калий	200-400	2.500-,500	12.000
Магний	75-150	1,000-,500	3.000
Кальций	100-200	2,500-,500	8,000
Медь	100	150-250	300
Цинк	50	150	250
Никель	50	100-300	500
Хром (VI)	-	100	200
Хром (III)	50	100-300	300
Железо (III)	100	150-300	500
Железо (II)	100	300-500	1,000
Цианиды	1	2-4	5
Сульфиды в щелочной среде	-	30	50
Сульфиды в кислой среде	50	100	200
Детергенты	100	150-300	500
Фенол	50	100	150

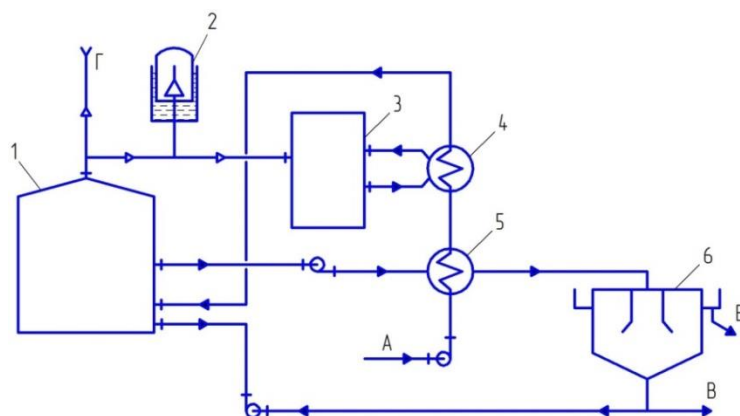


Рисунок 5 – Принципиальная схема системы анаэробной очистки с утилизацией биогаза на подогрев метантенка: 1 – метантенк; 2 – газгольдер; 3 – газовый водонагреватель; 4 – теплообменник вторичного подогрева субстрата; 5 – теплообменник-рекуператор; 6 – отстойник; А – субстрат; Б – сброшенная жидкость; В – избыточный ил; Г – биогаз.

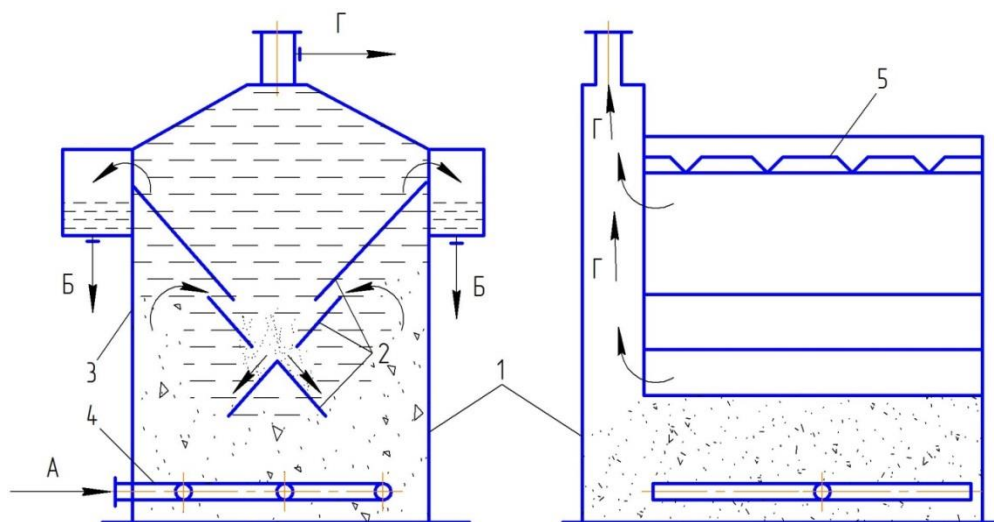


Рисунок 6 – Реактор BioThane: 1 – корпус; 2 – наклонные перегородки; 3 – газовые карманы; 4 – распределительное устройство; 5 – перелив; А – субстрат; Б – сброженная жидкость, Г – биогаз.

В настоящее время анаэробные реакторы с иммобилизованной микрофлорой получают большее распространение, чем аэробные, поскольку в них не нужно организовывать условия для интенсивного массообмена, а в лучших конструкциях аппаратов для анаэробной переработки минимальное время пребывания составляет 6-15 ч при 85 ÷ 90 % очистке, что превышает характеристики аэротенков, используемых для очистки концентрированных стоков предприятий промышленности.

#### Комбинированные способы очистки сточных вод

До последнего времени в практике очистки хозяйственно-бытовых и промышленных стоков комбинированные системы практически не применялись, но с появлением необ-

ходимости быстро и глубоко очищать высококонцентрированные субстраты возникли схемы, включающие две или три ступени аэротенков современных модификаций.

На рис. 7 показана схема улучшенной конструкции реакторов и отстойников, применения реагентов для обработки осадков предприятий.

Рабочий объем метантенков определяется в зависимости от фактической влажности осадка (или смеси осадка с активным илом) по суточной дозе загрузки по формуле:

$$V = M_{\text{общ}} \cdot m^3 / D,$$

где:  $M_{\text{общ}}$  – количество осадка (или смеси осадка с активным илом), поступающего за сутки в метантенк,  $m^3$ ;  $D$  – суточная доза загрузки в метантенк.

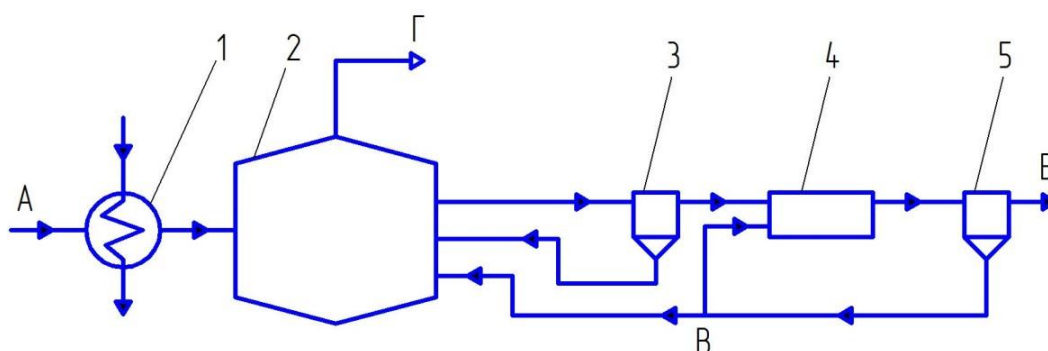


Рисунок 7 – Схема установки АНАМЕТ: 1 – подогреватель субстрата; 2 – метантенк; 3 – отстойник метантенка; 4 – аэротенк; 5 – отстойник аэротенка; А – субстрат; Б – очищенная жидкость; В – аэробный активный ил; Г – биогаз.

Традиционная схема водоподготовки (коагуляция – отстаивание – фильтрация – обеззараживание) уже сейчас не обеспечивает надлежащего уровня удаления загрязняющих

веществ. Справиться с техногенными загрязнениями промышленных стоков окажется возможным только в результате широкомасштабного применения инновационных технологиче-

ских схем. В зарубежных источниках [9 – 11] их называют новыми окислительными технологиями (НОТ) (*англ. Advanced oxidation process, AOP*), к которым относят помимо уже рассмотренных электрохимических (электрореагентных) процессов – гомогенные и гетерогенные фотокаталитические процессы, озонирование, варианты процесса Фентона, ультразвуковую обработку, мокрое окисление, окисление в сверхкритической воде, плазменные процессы, ферратную и персульфатную технологии, использование ионизирующего излучения и микроволновой обработки.

Таблица 4 – **Содержание анионных ПАВ**, на 1 г сухого вещества осадка (СНиП И-32-74)

Исходная концентрация ПАВ в сточной воде, мг/л	5	10	12
Осадок из первичных отстойников	5	С	15
Избыточный активный ил	с	О	13
Исходная концентрация ПАВ в сточной воде, мг/л	20	О	7
Осадок из первичных отстойников	17	25	30
Избыточный активный ил	7	20	24

### Новые окислительные технологии очистки воды и сточных вод

Данные технологии обеспечивают деградацию и минерализацию органических соединений в различных условиях в водной среде при взаимодействии с гидроксильными радикалами, озоном, кислородом, пероксидом водорода, ферратами. Основную роль в этих процессах играют гидроксильные радикалы, характеризующиеся величиной стандартного восстановительного потенциала 2,7 В, превосходящей этот показатель для озона (2,07 В) и уступающей только токсичному фтору. Озон, кислород и пероксид водорода могут непосредственно взаимодействовать с органическими соединениями или участвовать в трансформациях, приводящих к образованию гидроксильных радикалов. Высокореакционными промежуточными продуктами подобных трансформаций, помимо гидроксильных радикалов, являются и ряд других кислородных соединений.

Гидроксильные радикалы в водной среде образуются также и в ходе физических процессов воздействия ультрафиолетового облучения, ионизирующего излучения, ультразвуковой, плазменной или микроволновой обработки. Помимо деградации органических соедине-

ний НОТ могут стать альтернативой или дополнением к традиционным процессам обезвреживания (с применением хлора и хлорсодержащих реагентов).

Наиболее перспективными технологиями являются реализующие комбинированные схемы, например состоящие из фотомембранных каталитических установок, а также установок диализа, перапорации или мембранной дистилляции [13].

### Критерии качества воды

Известны разные шкалы оценки качества, в частности, питьевой воды, полученной из источников или после очистки сточных вод. Например, при оценке пахучести и вкуса воды используется бальная система, цветность оценивается в градусах, водородный показатель по критерию рН. Остальные показатели, включая мутность воды, по количеству примесей на литр (мг/л).

Выделим приоритетные загрязнители в основном опасные для здоровья людей. Так, гигиенические требования (ПДС – мг/л) по химическим элементам приведены в таблице 5.

Таблица 5 – **Предельно допустимое содержание веществ** мг/л

Железо	0,3
Сульфаты	500
Хлориды	350
Число микроорганизмов на 1 л	не > 100
Число бактерий кишечной палочки	не > 3
Алюминий	0,5
Мышьяк	0,05
Свинец	0,03
Стронций	7,0
Фтор (по климатическим зонам)	1, 5 – 0,7

В свою очередь для вод культурно-бытового назначения вводятся критерии типа: плавающие примеси, растворенный кислород, взвешенные вещества, количество кишечных палочек при купании, температура, количество возбудителей заболеваний и пр.

### Заключение

Эффективная российская государственная экологическая политика и действия на сегодняшний день не могут обойтись без затратных статей направлений, что очевидно. Это даст надежду на обеспечение национального выживания в условиях мирового экологического кризиса. Актуально также выделение ресурсов на случай развития катастрофических со-

бытий по пессимистичному сценарию. Другое направление – выполнение мероприятий по достижению приемлемого уровня изменений ключевых экологических программ, что важно не только для России но и для других стран. Важность задачи формирования государственной экологической политики России предполагает участие в её разработке общественных организаций, в том числе экологических партий, движений общественности, молодёжи. Это может превратиться в одно из необходимых условий сохранения управляемости процессами реанимации природы.

Проведение государственной экологической политики, ее важнейших направлений, следует, вероятно, осуществлять таким образом, чтобы обеспечить формирование позитивного экологического мировоззрения населения, включающего духовное и нравственное воспитание и образование молодёжи. Необходимо также освоение мировых природоохранных стандартов во взаимодействии в системе «природа – человек – общество – природа». Следует также добиться конструктивного сотрудничества общества, государства, граждан в деле охраны здоровья населения и окружающей природной среды.

Необходимо обеспечить внедрение экологически приемлемых технологий, рациональное использование природных ресурсов страны и разработать систему экологического правопорядка. Необходимо превратить эколого-экономические и социальные факторы в неотъемлемый компонент управления экономическим и социальным развитием страны. Также необходимо реализовать неотъемлемое право каждого гражданина на благоприятную и безопасную окружающую среду обитания.

Если речь идёт об инновациях, то один из аспектов новой гипотезы переработки отходов в сорбенты, это использование основ термодинамической теории при модификации реологических субстанций (путем механической и термодинамической деструкции и регенерации) и при трансформации фаз сырьевых материалов. Это может быть реализовано при переработке отходов в базовые компоненты, из которых могут быть получены новые композиты с заданными свойствами.

В итоге, можно отметить, что научных знаний, технологий, людских и природных ресурсов вполне достаточно, чтобы Россия вышла из экологического, технологического и экономического кризиса и реализовала миссию вели-

кой экологической державы. Особенно это важно с позиций освоения, рассмотренных в данной статье, новых эффективных технологий и методов очистки сточных вод коммунальных и промышленных предприятий.

### Литература

1. Лепеш Г.В., Саканская-Грицай Е.И. Анализ факторов, обуславливающих технологический процесс очистки воды из природных источников в Ленинградской области. // Техничко-технологические проблемы сервиса. № 1(27), 2014. – с. 56 – 68.
2. Химический состав подземных вод. Сайт: Государственный мониторинг состояния недр. Региональный центр ГМСН по Северо-Западному Федеральному округу. [Электронный ресурс]. – URL: <http://sevzapnedra.nw.ru/GMCN/system13.htm>, (дата обращения 01.08.2013).
3. Технологии очистки. Сайт водоканал СПб. [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.vodokanal.spb.ru/vodosnabzhenie/tehnologii\\_ochistki/](http://www.vodokanal.spb.ru/vodosnabzhenie/tehnologii_ochistki/) (дата обращения 01.05.2016).
4. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. СанПиН 2.1.4.1074-01».
5. Лепеш Г.В., Грицай Е.И., Хотулев В.А. Исследование сущности электрохимического процесса, как технологической составляющей очистки воды. / Техничко-технологические проблемы сервиса. №2(24), 2013 г. С.42– 49.
6. Матвеевко А.П. Электрореагентная технология очистки и кондиции водных растворов и коллоидных ассоциатов. // Техничко-технологические проблемы сервиса. № 2(8), 2009. – с. 50 – 54.
7. Установка электрореагентной очистки природной питьевой воды. / Матвеевко А.П., Гаврикова А.Е. Патент на полезную модель № 101701 по заявке № 2010131296 от 27 июля 2010 г.
8. Лепеш Г.В., Матвеевко А.П., Носов Э.С. Обоснование и разработка агрегатов электрореагентной очистки питьевой воды. // Техничко-технологические проблемы сервиса. -2010. № 1 (11) – с. 64 – 79.
9. Stasinakis A. S. Use of selected advanced oxidation processes (AOPs) for wastewater treatment - A mini review // Global NEST Journal. 2008. 10 (3). 376-385
10. Comminellis C., Kapalka A., Malato S., Parsons S. A., Poullos I., Mantzvinos D. Perspective advanced oxidation processes for water treatment: advances and trends for R&D // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 2008. 83. 769-776
11. Chong, M. N., Jin, B., Chow, C. W. K., Saint, C. Recent developments in photocatalytic water treatment technology: A review // Water Research. 2010. 44. 2997-3027

# ВЛИЯНИЕ ГАЗОИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ НА ВЫНОСЛИВОСТЬ, ДЛИТЕЛЬНУЮ ПРОЧНОСТЬ, КОРРОЗИОННУЮ И РЕЛАКСАЦИОННУЮ СТОЙКОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Д.А. Иванов<sup>1</sup>, О.Н. Засухин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации (СПбГА),  
196210, ул. Пилотов, 38;

<sup>2</sup>Балтийский государственный университет (БГТУ) «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова,  
190005, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1

В данной работе рассматривается воздействие пульсирующих дозвуковых газовых потоков на показатели выносливости, длительной прочности, коррозионной и релаксационной стойкости промышленных металлических материалов.

*Ключевые слова:* пульсирующий газовый поток, выносливость, длительная прочность, коррозионная стойкость, релаксационная стойкость

## INFLUENCE OF GAS-PULSE PROCESSING OF ENDURANCE, DURABILITY, CORROSION AND RELAXATION RESISTANCE OF METALLIC MATERIALS

D.A. Ivanov, O.N. Zasuhin

*Saint-Petersburg state University of civil aviation (SPbSUCA),  
196210, street of Pilots, 38;*

*The Baltic state university (BGTU) "VOYENMEKH" of D.F. Ustinov  
190005, St. Petersburg, 1st Krasnoarmeyskaya St., 1*

This paper examines the effect of pulsating gas flows in subsonic performance endurance, long durability, corrosion resistance and relaxation of industrial metallic materials.

*Keywords:* pulsating gas flow, endurance, long durability, corrosion resistance, relaxation resistance.

Воздействие нестационарных газовых потоков на элементы конструкций технологических машин и оборудования может оказываться не только в ходе специальной обработки, призванной воздействовать на механические свойства их материала, но и в процессе эксплуатации, при натекании подобных потоков на изделия. Поэтому важно, в том числе при планировании мероприятий диагностики и ремонта, знать, как подобное воздействие может сказаться на долговечности конструкции.

В рамках исследования влияния газоимпульсной обработки [1 – 10] на сопротивление металлических материалов усталостному разрушению были проведены испытания на перегиб по ГОСТ 1579-93, состоящие в многократном перегибе на 90° от исходного положения в одну и другую сторону образца, закрепленного с одного конца в зажимах прибора, через цилиндрический валик заданного радиуса.

В ходе газоимпульсной обработки образцы располагались на выходе из успокоительной камеры установки для обработки изделий пульсирующим воздушным потоком.

Образцы располагались поперёк воздушного потока и обрабатывались в течение 15 минут при частоте колебаний параметров потока 900 Гц и импульсном воздушном давлении 130 дБ.

В результате образцы, представляющие собой проволоку из стали 20, полученную холодным волочением и имеющую диаметр  $d=0,8$  мм позволили получить число гибов до разрушения  $N_b=4$  у необработанного образца и 5 у обработанного что на 25% больше.

При использовании в качестве образцов наклепанных круглых стержней из стали Ст3, обладающих диаметром  $d=2$  мм число гибов до разрушения  $N_b=5$  у необработанного образца и 8 у обработанного, что на 60% больше.

<sup>1</sup>Иванов Денис Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры диагностики и неразрушающего контроля технических систем СПбГА, тел.: +7(981)764 08 22, E-mail: tm\_06@mail.ru;

<sup>2</sup>Засухин Отто Николаевич – заведующий лабораторией газодинамики БГТУ «ВОЕНМЕХ», тел.: +7 951 648 45 44, e-mail: komdep@bstu.spb.su



Для холоднокатаных пластин из стали 40X и 40XC при толщине 2 мм и ширине 4 мм в том и другом случае у обдутых Nb на 33 % больше в сравнении с необработанными пульсирующим газовым потоком и составляет 6 и 8 соответственно

Испытаниям на перегиб был подвергнут крепёж из стали 30XГСА диаметром d=3 мм, головка 5 мм (переход-концентратор напряжений). В результате испытаний максимальное значение Nb составило 14 у необдутого образца и Nb 27 у обдутого, что на 92,8% больше. Кроме того, на фотографии рис. 1 видно, что обдув уменьшает чувствительность к концентраторам напряжений, в частности переходам от сечений с меньшим диаметром к сечениям с более значительным диаметром.

В случае использования в качестве образцов нихромовой (X20H80) проволоки диаметром d=0,7 мм число гибов до разрушения Nb 6 у необдутого образца и 9 у обдутого что на 50% больше.

Важно отметить, что для образцов, помещенных в нижнюю часть резонатора, куда пульсации газового потока не доходят, но есть только акустическое воздействие, эффект влияния на механические свойства отсутствует.

Это не значит, что акустическое воздействие без участия газовых импульсов не даёт эффекта в принципе, так как влияние на свойства материалов направленного звукового воздействия описано в литературе. По-видимому, для него понадобится более высокая интенсивность звука и продолжительность обработки.

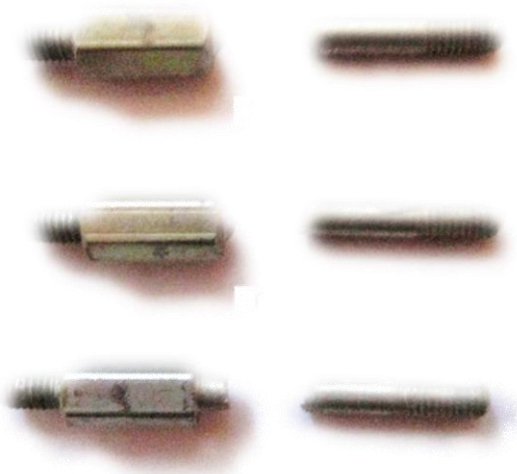


Рисунок 1 – Крепёж из стали 30XГСА: а, б – без обдува, в – обдув

В случае использования в качестве образцов термоупрочнённых (закалка и старение) пластин из бериллиевой бронзы БрБ2 шириной

4 мм был получен в результате газоимпульсной обработки рост числа гибов до разрушения Nb от 30 до 60% в зависимости от толщины пластин. Обдув пластин осуществлялся поперёк (плоскостью навстречу потоку).

При использовании в качестве образцов холоднокатаных пластин из латуни Л68, число гибов до разрушения Nb=12 у необдутого образца и 15 у обдутого что на 25% больше. Толщина пластины составляла 1 мм, ширина 5 мм.

Испытаниям на перегиб был подвергнут крепёж из латуни Л63 (винт М3). Число гибов до разрушения Nb составило 5 у необдутого образца и 7 у обдутого, что на 40% больше.

Латунная проволока из сплава ЛС58-2 используется для изготовления деталей автомобилей, узлов пишущих шариковых авторучек, контактных пар штепсельных разъемов. Диаметр образцов для испытания составлял 4 мм. Число гибов до разрушения Nb=5 у необдутого образца и 6 у обдутого что на 20% больше. Результаты испытаний подставлены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние газоимпульсной обработки на способность материалов не разрушаться при гйбе.

Материал	Nb необработанные	Nb обработанные	% роста Nb
Сталь20	4	5	25
Ст3	5	8	60
40X	6	8	33
40XC	6	8	33
30XГСА	14	27	92,8
X20H80	6	9	50
БрБ2- Толщина пластин 0,2 мм	13	17	30
БрБ2 Толщина пластин 0,4 мм	5	8	60
БрБ2 Толщина пластин 0,8 мм	3	4	33
Л68	12	15	25
Л63	5	7	40
ЛС58-2	5	6	20

Также проводились испытания металлических образцов на усталость в соответствии с ГОСТ 25.502-79. Для испытаний использовались цилиндрические образцы из деформационно-упрочнённой стали Ст3. Диаметр образ-

цов составлял 4 мм. Обработка пульсирующим воздушным потоком проводилась в течение 15 минут при частоте колебаний параметров потока 900 Гц и импульсном газовом давлении 130 дБ. Образцы при этом располагались поперёк потока. В результате подобной обработки число циклов знакопеременного нагружения до разрушения образца N стало вдвое больше, чем у не подвергавшихся газоимпульсной обработке образцов при той же нагрузке выше предела выносливости для необработанной стали.

Подобные же испытания для термоулучшенных цилиндрических образцов диаметром 4 мм из стали 40X показали для образцов, подвергавшихся газоимпульсной обработке число циклов знакопеременного нагружения до разрушения образца N на 40% больше, чем у необдугото образца при одинаковой нагрузке выше предела выносливости для стали, не подвергавшейся газоимпульсной обработке.

Способность противостоять явлению ползучести является важнейшей характеристикой материалов, работающих в нагруженном состоянии при повышенных температурах.

Влияние газоимпульсной обработки на длительную прочность и ползучесть определялось при помощи образцов из свинца марки С2.

Температура рекристаллизации свинца ниже комнатной, а стало быть, образцы из него склонны к ползучести в не нагретом состоянии, что делает их удобными для проведения исследований. При этом если для высоких температур ползучесть реализуется посредством диффузионных процессов, то в случае низких температурах она осуществляется за счёт движения дислокаций.

Образцы для испытаний на длительную прочность представляли собой пластины шириной 5 мм и толщиной 2 мм. Газоимпульсная обработка осуществлялась в течение 15 минут при частоте колебаний параметров потока 900 Гц и импульсном газовом давлении 130 дБ. Образцы при этом располагались поперёк потока.

Прикладываемые к обработанным и контрольным образцам продольные растягивающие напряжения составили 7 МПа (ниже предела текучести). В ходе испытаний необдуготый образец разорвался через 25 часов, а обдуготый выдержал без разрыва 41 час, на 16 часов или на 64% дольше. Относительное удлинение как в случае обдугото, так и в слу-

чак необдугото образца составило порядка 40%.

Аналогичные испытания были проведены при продольных растягивающих напряжениях 5 МПа. В результате, необработанный образец выдержал 1100 часов до разрыва, а обдуготый – 1400 часов, или на 28% дольше. Относительное удлинение составило у необдугото 25%, а у обдугото – 30%, или на 5% больше (рис. 2).



Рисунок 2 – Свинцовые пластины после испытаний: а – без обработки, б – с газоимпульсной обработкой

Зависимость предела длительной прочности и предела ползучести обработанных и необработанных образцов из свинца С2 от продолжительности нагружения представлена в таблицах 2,3 и на графиках рис. 3.

Таблица 2 – Зависимость предела длительной прочности свинца С2 от продолжительности нагружения

$\tau$ , ч	$\sigma_{\tau}^{25}$ после обработки, МПа	$\sigma_{\tau}^{25}$ без обработки, МПа
0	8,5	7,5
100	7	6,5
200	6,4	6
400	5,6	5,3
600	5,4	5,2
1000	5,2	5,1
1200	5,1	5
1400	5	4,9

Таблица 3 – Зависимость предела ползучести свинца С2 от продолжительности нагружения

$\tau$ , ч	$\sigma_{0,2/\tau}^{25}$ после обработки, МПа	$\sigma_{0,2/\tau}^{25}$ без обработки, МПа
0	6,5	5,5
200	5,4	5
600	5,2	4,8

1000	5	4,7
1400	4,8	4,6

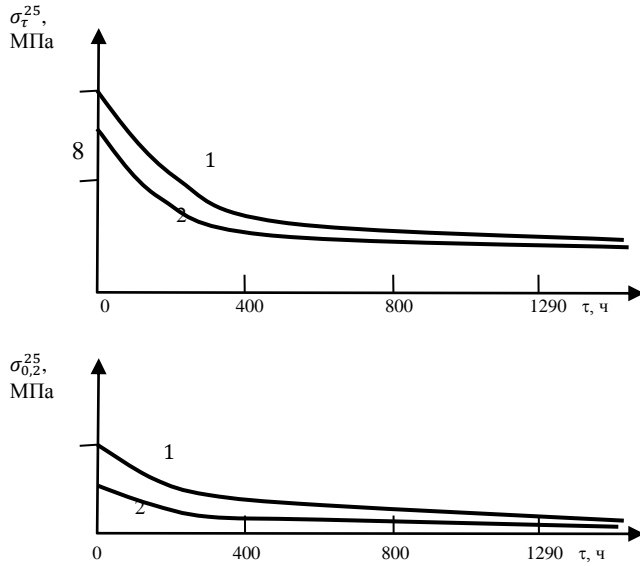


Рисунок 3 – Зависимость предела длительной прочности и предела ползучести свинца С2 от продолжительности нагружения: 1 – с газоимпульсной обработкой, 2 – без обработки

Таким образом, установлено положительное влияние газоимпульсной обработки на сопротивление усталостному разрушению и длительную прочность металлических материалов.

В отличие от чистого алюминия, многие алюминиевые сплавы не отличаются высокой коррозионной стойкостью. Латунь склонна к коррозионному растрескиванию в наклёпанном состоянии при содержании цинка, превышающем 20%. Поэтому остаётся актуальной задача повышения устойчивости данных сплавов к коррозии.

Пластины из алюминиевого сплава АМг6 подвергали газоимпульсной обработке при частоте колебаний параметров потока 900 Гц и импульсном воздушном давлении 130 дБ. Обдув осуществлялся в течение 15 мин.

Коррозионные испытания проводились в 40% водном растворе HCl.

Относительная потеря массы образцов за 5 суток составила 12,8 % в случае газоимпульсной обработки и 64 % без обработки (рис. 4).

Потеря массы на единицу площади за 5 суток составила  $\Delta m = 297,3 \text{ кг/м}^2$  в случае газоимпульсной обработки и  $1405,4 \text{ кг/м}^2$  без обработки

Скорость коррозии  $V_k$  составила  $59,5 \text{ кг/м}^2\cdot\text{сут.}$  в случае газоимпульсной обработки и  $281 \text{ кг/м}^2\cdot\text{сут}$  без обработки (Таблица 4).

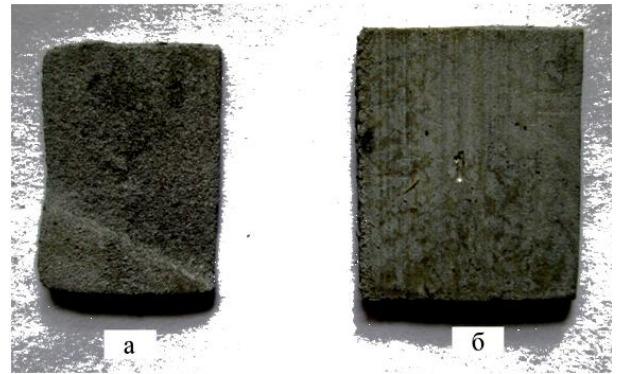


Рисунок 4 – Образцы из АМг6 после 5 суток выдержки в 40% водном растворе HCl: а – без обработки, б – газоимпульсная обработка

Таблица 4 – Влияние газоимпульсной обработки на коррозионную стойкость алюминиевого сплава АМг6

Обработка	Относительная потеря массы, %	Потеря массы на единицу площади, кг/м <sup>2</sup>	Скорость коррозии, кг/м <sup>2</sup> •сут.
без газоимпульсной обработки	64	1405,4	281
газоимпульсная обработка 15 мин.	12,8	297,3	59,5

При тех же режимах проводилась газоимпульсная обработка пластин из латуни Л68. Коррозионные испытания проводились в 20% водном растворе HCl.

Относительная потеря массы образцов за 20 суток составила 0,8 % в случае газоимпульсной обработки и 3 % без обработки (таблица 5).

Потеря массы на единицу площади за 20 суток составила:  $\Delta m = 0,08 \text{ кг/м}^2$  в случае газоимпульсной обработки и  $0,02 \text{ кг/м}^2$  без обработки. Скорость коррозии  $V_k$  составила  $0,004 \text{ кг/м}^2 \text{ сут.}$  в случае газоимпульсной обработки и  $0,001 \text{ кг/м}^2\cdot\text{сут}$  без обработки.

Таким образом, в результате исследования получен технический результат, а именно: повышена коррозионная стойкость изделий из конструкционных сталей и цветных сплавов на значительную глубину.

Химико-термическая обработка, в частности, хромирование может быть эффективным способом защиты поверхности изделий от кор-

розии. Вместе с тем, актуальной является задача повышения стойкости к агрессивным средам самого коррозионно-стойкого покрытия. В ходе решения данной задачи хромированную трубку наружным диаметром 6 мм и толщиной стенки 0,4 мм из латуни Л70 подвергали газоимпульсной обработке при частоте колебаний параметров потока 900 Гц и импульсном воздушном давлении 130 дБ. в течение 15 мин.

Таблица 5 – Влияние газоимпульсной обработки на коррозионную стойкость латуни Л68

Обработка	Относительная потеря массы, %	Потеря массы на единицу площади, кг/м <sup>2</sup>	Скорость коррозии, кг/м <sup>2</sup> ·сут
без газоимпульсной обработки	3	0,08	0,004
газоимпульсная обработка 15 мин	0,8	0,02	0,001

Коррозионные испытания проводились в 20% водном растворе HCl. В ходе данных испытаний обработанный и контрольный образцы выдерживали в агрессивной среде ровный промежуток времени.

Результаты, представленные на фотографии (рис. 5) демонстрируют более высокую устойчивость хромированного слоя к воздействию агрессивной среды после газоимпульсной обработки.



Рисунок 5 – Хромированная трубка из латуни Л70 после воздействия агрессивной среды: а – без обработки, б – газоимпульсная обработка

Плоские стальные пружины с целью получения требуемых упругих свойств подвергают закалке с последующим средним отпуском.

Было проведено исследование влияния газоимпульсной обработки на упругие свойства подобных пружин.

В качестве объекта исследования использовали образцы из плоской термоупрочнённой пружины, материалом которой служила сталь 65Г. Длина образца составляла 58 мм, ширина – 6,5 мм, толщина – 0,4 мм. Обдуть осуществлялся при тех же параметрах потока, что и для круглых витых пружин в течение 15 мин. поперёк потока с вогнутой (внутренней) стороны пружины. Затем образцы испытывали на релаксационную стойкость путём фиксации в распрямлённом состоянии в течение 22 суток. В результате остаточная деформация необдутьных образцов составила 2%, а обработанные пульсирующим газовым потоком вернулись к исходным размерам (рис. 6, таблица 6).

Подобные же образцы из термоупрочнённой пружинной стали 65Г. длина образца 57,5 мм, ширина 6,5 мм, толщина 0,4 мм. Обдуть 1 атм. 15 мин. подвергали аналогичной газоимпульсной обработке поперёк потока с вогнутой (внутренней) стороны и выгнутой (внешней) стороны. Из согнутого состояния в течение 21 суток оба обдутьных образца вернулись в исходное положение. У необдутьного образца остаточная деформация составила 3 мм или 5,2% (рис.7, таблица 7).

Таким образом газоимпульсная обработка обеспечивает повышение релаксационной стойкости термоупрочнённых плоских стальных пружин.

Таблица 6 – Влияние пульсирующего дозвукового воздушного потока на релаксационную стойкость плоских пружин. Фиксация в распрямлённом состоянии в течение 22 суток

Вид пружины	Материал пружины	Остаточная деформация необработанной пружины, %	Остаточная деформация обработанной пружины, %
Плоская	Сталь 65Г	2	0

Таблица 7 – Влияние пульсирующего дозвукового воздушного потока на релаксационную стойкость плоских пружин. Фиксация в согнутом состоянии в течение 21 суток

Вид пружины	Материал пружины	Остаточная деформация необработанной пружины, %	Остаточная деформация обработанной пружины, %
Плоская	Сталь 65Г	5,2	0

Таким образом, установлено положительное влияние газоимпульсной обработки на релаксационную стойкость термоупрочнённых плоских стальных пружин.

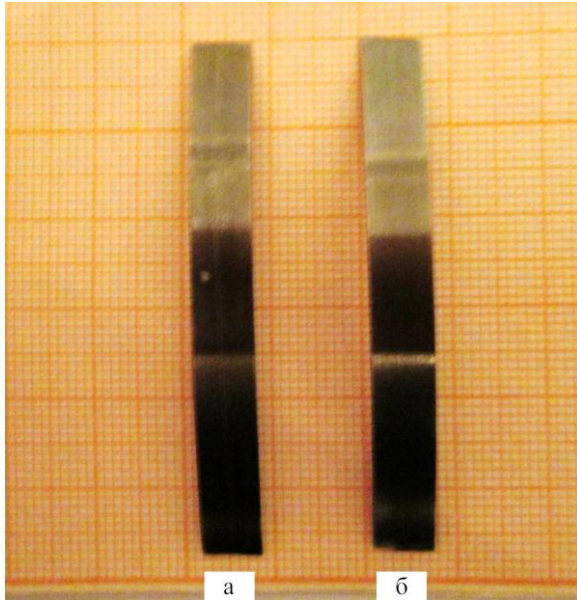


Рисунок 6 – Пружина после распределённого в течение 22 суток состояния: а – без обдува (остаточная деформация 2%), б – обдув (вернулась в исходное положение)

### Литература

1. Иванов Д.А., Засухин О.Н. Газоимпульсная обработка машиностроительных материалов без предварительного нагрева // Двигателестроение. – СПб., 2010, №2, с. 20-22.
2. Иванов Д.А., Засухин О.Н. Повышение конструктивной прочности машиностроительных материалов в результате сочетания термической и газоимпульсной обработки // Двигателестроение. – СПб., 2012, №3, с. 12-15.
3. Иванов Д.А., Засухин О.Н. Обработка пульсирующим газовым потоком высокопрочных и пружинных сталей // Двигателестроение. – СПб., 2014, №3, с. 34-36.
4. Иванов Д.А. Влияние дозвукового пульсирующего водовоздушного потока на напряженное состояние сталей при термообработке // Техно-технологические проблемы сервиса. – СПб., 2007, №1, с. 97-100.
5. Иванов Д.А. Закалка сталей, алюминиевых и титановых сплавов в пульсирующем дозвуковом водовоздушном потоке // Техно-технологические проблемы сервиса. – СПб., 2008, №2, с. 57-61.

6. Иванов Д.А. Прокаливаемость сталей при закалке в пульсирующем дозвуковом воздушном и водовоздушном потоке // Техно-технологические проблемы сервиса. – СПб., 2010, № 11, с. 50-53.

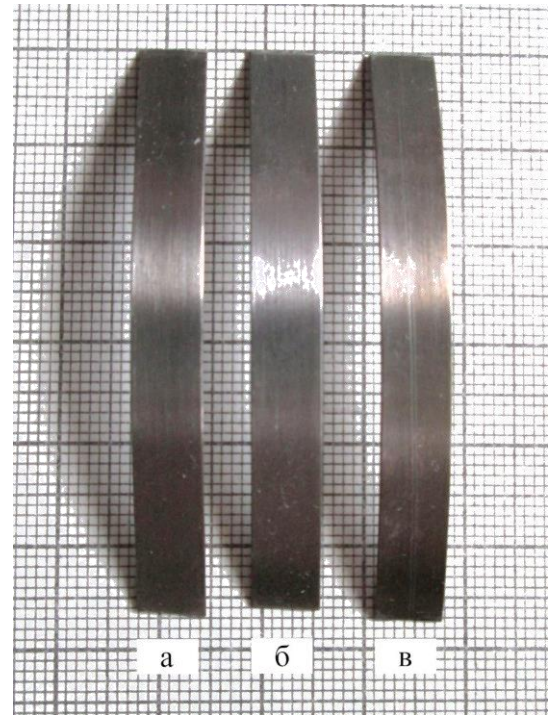


Рисунок 7 – Пружины: а – обдув с выгнутой (внешней) стороны пружины (вернулась в исходное положение), б – без обдува (остаточная деформация 5,2%), в – обдув с вогнутой (внутренней) стороны (вернулась в исходное положение)

7. Иванов Д.А., Засухин О.Н. Использование газоимпульсной обработки в процессе термического упрочнения деталей бытовых машин // Техно-технологические проблемы сервиса. – СПб., 2012, № 4, с. 33-37.
8. Булычев А.В., Иванов Д.А. Воздействие газоимпульсной обработки на структуру, свойства и напряженное состояние металлических изделий // Технология металлов. – М., 2013, №11, с. 30-33.
9. Иванов Д.А., Засухин О.Н. Использование пульсирующего дозвукового газового потока для повышения эксплуатационных свойств металлических изделий // Технология металлов. – М., 2015, №1, с. 34-38.
10. Иванов Д.А., Засухин О.Н. Повышение коррозионной стойкости конструкционных сталей газоимпульсной обработкой // Технология металлов. – М., 2015, №10, с. 27-31.



# МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 623

## ПОСТРОЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА СРЕЗАНИЯ ВЫСТУПОВ ДЕФОРМИРУЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА БАЗЕ ЧИСЛЕННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Г.В. Лепеш<sup>1</sup>, К.А. Егоров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Санкт-Петербургский государственный экономический университет (СПбГЭУ)  
191023, Санкт-Петербург, ул. Садовая, 21*

<sup>2</sup>*Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт  
материалов», (АО «ЦНИИМ»), 191014, Санкт-Петербург, Ул. Парадная, 8*

Разработано решение объемной контактной задачи срезания выступов деформируемых элементов в программной среде ANSYSWorkbench. Для целей реализации системного подхода в задачах имитационного моделирования функционирования изделий, на базе реализации многофакторного численного эксперимента построено уравнение регрессии, характеризующее процесс срезания выступов.

*Ключевые слова:* уравнение регрессии, полный факторный эксперимент, обтюррующие устройства, ведение по каналу, срезание выступов

## CREATION OF THE CHARACTERISTIC OF PROCESS OF CUTTING OF LEDGES OF DEFORMABLE ELEMENTS ON THE BASIS OF THE NUMERICAL EXPERIMENT

G.V. Lepesh, K.A. Egorov

*St. -Petersburg state university of economics (SPbGEU),  
191023, St. Petersburg, street Sadovaya, 21;*

*Joint-stock company "Central Research and Development Institute  
materials", (JSC TsNIIM), 191014, St. Petersburg, Paradnaya St., 8*

The solution of a volume contact problem of cutting of ledges of deformable elements in the program ANSYSWorkbench environment is developed. For realization of system approach in problems of imitating modeling of functioning of products, on the basis of realization of a multiple-factor numerical experiment the regression equation characterizing process of cutting of ledges is constructed.

*Keywords:* the regression equation, a complete factorial experiment obturating devices, maintaining on the channel, cutting of ledges

Одним из перспективных направлений совершенствования методов проектирования газодинамических импульсных устройств (ГИУ) является создание имитационных моделей их функционирования. Такие модели, при достаточной их глубине и достоверности, реализованные на ЭВМ, позволяют производить исследования характеристик процессов уже на

ранних стадиях проектирования, не прибегая при этом к натурным испытаниям. Наиболее точные имитационные модели функционирования элементов ГИУ могут быть получены путем численной реализации наиболее общих уравнений газовой динамики, теплопроводности и механики твердого тела.

<sup>1</sup>*Лепеш Григорий Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Машины и оборудование бытового и жилищно-коммунального назначения, СПбГЭУ, тел.: +7 921 751 2829, e-mail: gregoryl@yandex.ru;*

<sup>2</sup>*Егоров Константин Александрович – ведущий инженер АО «ЦНИИМ», тел.: +7 921 9825455, e-mail: konstant55@rambler.ru*

Однако реализация имитационных моделей сопряжена с необходимостью иерархического подхода [1], основанного на применении моделей взаимосвязанных процессов, построенных на различных уровнях и классах.

В конструкции большинства ГИУ применяются трубы сверхвысокого давления ( $P_{max}=100 - 600$  МПа) по которым под действием импульса давления газов движутся изделия [2, 3]. Для обтюрации газов применяются кольцевые деформируемые элементы – обтюрирующие пояски (ОП), выполненные из высокопрочных пластиков либо медных сплавов (рис. 1) и закрепленные на корпусе изделия. Для обеспечения обтюрации при указанных давлениях наружный диаметр ОП несколько превышает диаметр канала трубы, т.е. – имеет форсирование. Так, что при вхождении в цилиндр материал ОП претерпевает пластические деформации. Интенсивность пластических деформаций значительно возрастает, если канал трубы имеет продольные (наклоненные под небольшим углом к её образующей) нарезки (рис. 1). В этом случае ОП выполняет основную функцию ведения изделия по каналу трубы, обеспечивая при этом необходимую частоту вращения  $\omega_n$  в соответствии с углом наклона нарезки. ОП является самым нагруженным элементом ГИУ, который претерпевает сложное формоизменение, связанное с обжатием его в заднем конусе трубы и формированием на нем выступов в случае нарезной трубы.

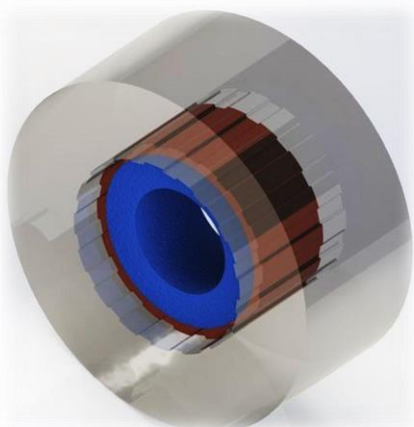


Рисунок 1 – Поршень в цилиндре, имеющем продольные нарезки

На практике задача взаимодействия ОП с имеющим нарезки каналом трубы представляет особый интерес при решении задачи имитационного моделирования функционирования

ГИУ в различных условиях и на различных периодах эксплуатации [3], определяющих ресурс ГИУ.

В рамках данной статьи исследуется процесс срезания выступов ОП. На практике срезание выступов ОП происходит вследствие уменьшения глубины и формы нарезок канала трубы вследствие их износа в процессе эксплуатации ГИУ. По мере развития износа начинается процесс срезания выступов (деформирования выступов в окружном направлении), формирующихся на ОП в процессе его врезания. В трубе, имеющей износ, процессы формирования и одновременного срезания выступов ОП как правило происходят на относительно длинном участке пути изделия по каналу трубы и оказывают значимое влияние на условия движения изделия под действием относительно короткого импульса давления. Срезание выступов может заканчиваться и снова начинаться вследствие изменения условий движения и контактного взаимодействия ОП с трубой, имеющей неравномерный по пути изделия износ.

Деформирование выступов приводит к падению частоты вращения поршня  $\omega$  по отношению к частоте  $\omega_n$ , определяемой наклоном нарезок канала трубы. Процесс может происходить на всём участке движения изделия в трубе, а может заканчиваться либо полным срезанием выступов ОП, либо прекращением их деформирования (частичного срезания выступов, рис.2) при условии установления равенства  $\omega = \omega_n$ .

В имитационной модели функционирования ГИУ частота вращения  $\omega$  определяется на основании решения большой совокупности одновременно происходящих процессов, имеющих как статистический, так и детерминистский характер. В итоге определяется частота вращения изделия при действии вращающего момента  $M_{вр}$ . Значение вращающего момента определяют две его составляющие, возникающие в зонах контакта поверхностей корпуса изделия с поверхностью канала трубы: непосредственно в зоне ОП –  $M_{ОП}$  и в зоне центрующего утолщения корпуса изделия –  $M_{ЦУ}$ .

$$M_{вр} = M_{ОП} + M_{ЦУ}. \quad (1)$$

В случае появления процесса окружного деформирования выступов  $\omega < \omega_n$ , а значения составляющих вращающего момента  $M_{вр}$  могут быть определены по зависимостям:

$$M_{ОП} = \frac{d}{2} \cdot \sigma_z \cdot n_n \cdot H \cdot t; \quad (2)$$

$$M_{ЦУ} = \frac{d}{2} \cdot f_{бок} \cdot Q_{ЦУ}, \quad (3)$$

где:  $d$  – диаметр корпуса изделия,  $\sigma_z$  – средние контактные напряжения на боковой

контактной грани нареза;  $n_n$  – число нарезок;  $H$  – ширина обтюрирующего пояска (ОП);  $t$  – высота выступа ОП (глубина нарезки в неизношенной трубе);  $f_{бок}$  – коэффициент трения скольжения корпуса изделия по поверхности выступов нарезки в окружном направлении;  $Q_{ЦУ}$  – боковая реакция в месте контакта корпуса изделия с нарезкой канала трубы.

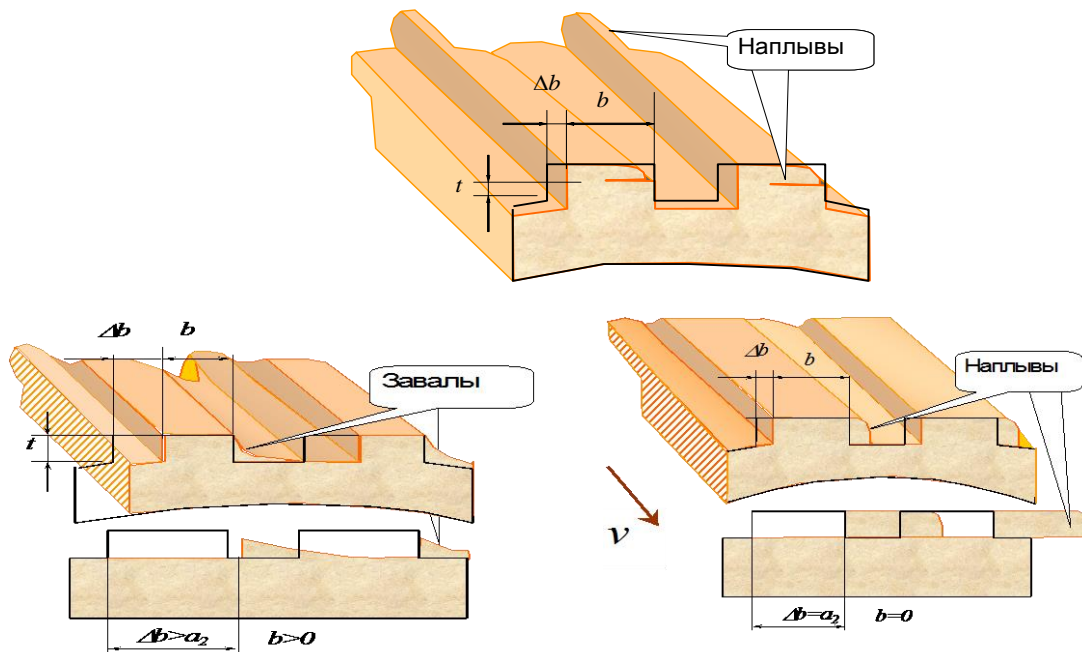


Рисунок 2 – Схема срезания выступов обтюрирующего пояска

Величина контактных напряжений  $\sigma_z$  определяется геометрией самого выступа и механическими свойствами материала ОП, а также схемой его нагружения в процессе деформирования (рис.3). При этом в качестве внешних нагрузок могут быть рассмотрены, распределенные по его поверхностям нормальные контактные напряжения под полем  $\sigma_{к,1}$  и дном  $\sigma_{к,2}$  нареза и по боковой контактной грани выступа ОП  $\sigma_z$ , а также соответствующие им касательные напряжения  $f_1 \cdot \sigma_{к,1}$ ,  $f_1 \cdot \sigma_{к,2}$ ,  $f_1 \cdot \sigma_z$ .

Нагрузкой, вызывающей деформирование выступа в окружном направлении, является давление боковой контактной грани нареза  $\sigma_z$ , определяемое средним значением по соответствующей грани выступа ОП  $\bar{\sigma}_z$ . Тогда, условием согласованного с нарезками вращения изделия (когда выступы ОП скользят по нарезам

без какой-либо заметной деформации) будет являться условие сохранения их прочности  $\bar{\sigma}_z \leq [\bar{\sigma}_z]$ , установленное из решения задачи о напряженно-деформированном состоянии (НДС) выступа ОП, например, методом конечных элементов (МКЭ).

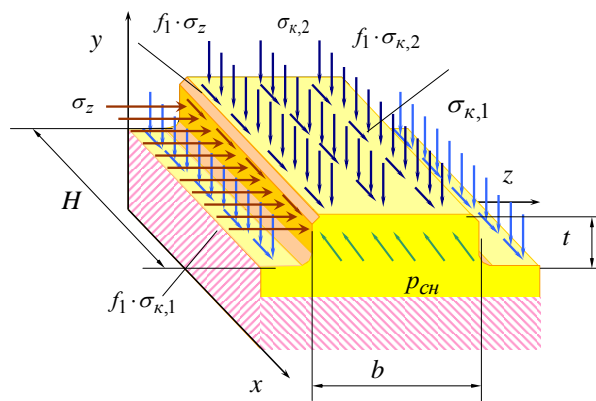




Рисунок 3 – Схема нагружения выступа ОП

Поскольку задача расчета пластического деформирования выступа ОП представляет собой сложную контактную задачу и не может быть эффективно реализована непосредственно в имитационной модели функционирования ГИУ на каждом этапе формирующегося выступа ОП, то предлагается применить иерархический подход к ее решению. Т.е., для определения  $[\bar{\sigma}_z]$  построим уравнение регрессии, относительно параметров, определяющих размеры выступа ОП и действующие на него в процессе формирования внешние силы, значения которых определяются имитационной моделью функционирования ГИУ.

В качестве инструмента будем применять CAD/CAE пакеты, такие как ANSYS, Solidworks и др. Т.е., проведем численный эксперимент. На рисунке 4 приведен пример нагружения выступов ОП. Схема приложения граничных условий построена с учетом следующих допущений:

- в качестве модели рассматривается только взаимодействующая с трубой часть корпуса изделия с ОП;
- поступательное движение изделия отсутствует;
- наружная поверхность трубы закреплена;
- выступы ОП находятся в контакте с трубой с коэффициентом трения 0,15;
- выступы ОП нагружаются за счет поворота изделия относительно продольной оси (оси трубы).

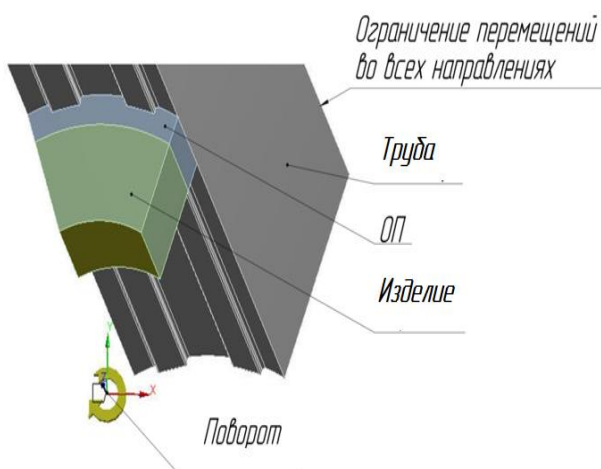


Рисунок 4 – Схема приложения граничных условий

В результате реализации численного эксперимента определяется величина крутящего (вращающего) момента, действующего со стороны боковых контактных граней выступов ОП в процессе их окружного деформирования. Пример расчета приведен на рис. 5 и 6. Из графика (рис.5) следует, что по мере деформирования момент сначала интенсивно растет, а затем практически не увеличивается после поворота примерно на 3 градуса ( $\approx 15\%$  от ширины выступа), что свидетельствует о потере выступом ОП несущей способности. Т.о., среднее значение контактных напряжений на поверхности контакта выступа ОП с боковой контактной гранью нареза  $\bar{\sigma}_z$ , определяющее потерю выступом ОП несущей способности принимаем за критическое  $[\bar{\sigma}_z]$ .

Картина НДС деформированного выступа (рис. 6) показывает, что определение значений контактных напряжений  $[\bar{\sigma}_z]$  путем осреднения значений по боковой грани выступа практически невозможна вследствие их больших градиентов. Тогда определим их значения через крутящий момент  $M_{\text{ОП}}$  на основании (2)

$$\bar{\sigma}_z = 2 \frac{M_{\text{ОП}}}{d \cdot n_H \cdot H \cdot t} = [\bar{\sigma}_z]. \quad (4)$$

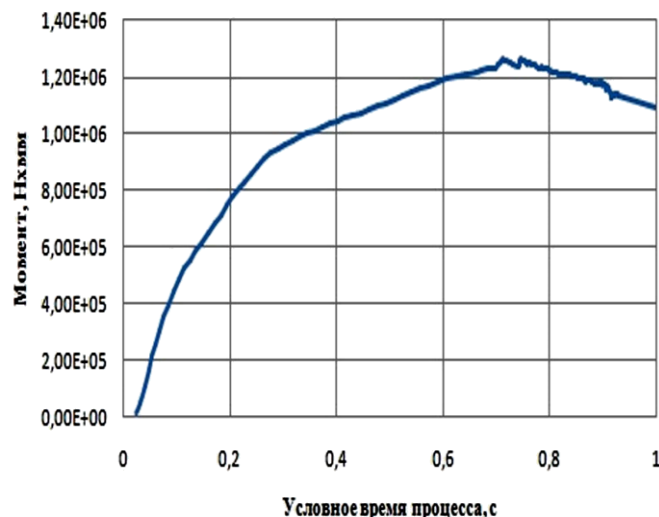


Рисунок 5 – График изменения крутящего момента в зависимости от угла поворота корпуса изделия (окружного деформирования выступа ОП)

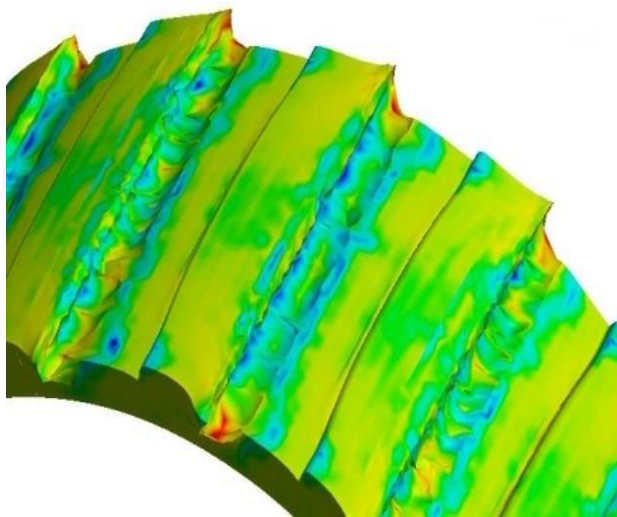


Рисунок 6 – Напряжённо-деформированное состояние ОП

Для определения контактных напряжений  $[\bar{\sigma}_z]$  проводится полный факторный эксперимент (ПФЭ) [4]. В качестве варьируемых факторов приняты параметры  $t$  и  $b$ , определяющие профиль выступа, а также радиальная реакция  $q_d$ , оказывающая значимое влияние на  $\bar{\sigma}_z$ .

В случае поиска линейной регрессии число всех опытов будет равно  $n = 2^k = 8$ , где  $k=3$  – число факторов.

Ниже приведён пример проведения полного факторного эксперимента для 57 мм изделия с ОП из медно-никелевого сплава. Интервал варьирования факторов приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Кодирование факторов

Факторы	Верхний уровень $Z_i^+$	Нижний уровень $Z_i^-$	Центр $Z_i^0$	$\lambda_i$	Зависимость кодированной переменной от натуральной
$Z_1$	0,9	0,45	0,675	0,225	$x_1=4,44Z_1-3$
$Z_2$	6,8	3,4	5,1	1,7	$x_2=0,588Z_2-3$
$Z_3$	4 45	0,0	222,3	222,3	$x_3=0,00449Z_3-...-1,99$

Здесь:  $Z_i^-$  – нижний уровень фактора;  $Z_i^+$  – верхний уровень. Кодированные переменные  $X_i$  определяются через  $Z_i$  по формуле:

$$x_i = \frac{Z_i - Z_i^0}{\lambda_i}, \quad (5)$$

где:  $Z_i^0$  – центр плана,  $\lambda_i$  – интервал варьирования:

$$Z_i^0 = \frac{Z_i^+ - Z_i^-}{2}; \quad (6)$$

$$\lambda_i = \frac{Z_i^+ - Z_i^-}{2}. \quad (7)$$

Таблица 2 – Матрица планирования

№ опыта	Факторы			Взаимодействие			
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1x_2$	$x_1x_3$	$x_2x_3$	$x_1x_2x_3$
1	+	+	+	+	+	+	+
2	-	+	+	-	-	+	-
3	+	-	+	-	+	-	-
4	+	+	-	+	-	-	-
5	-	-	+	+	-	-	+
6	+	-	-	-	-	+	+
7	-	+	-	-	+	-	+
8	-	-	-	+	+	+	-

Матрица планирования эксперимента приведена в табл. 2. В табл. 3 приведены результаты численного эксперимента.

План проведения экспериментов записывается в виде матрицы планирования, в которой в определенном порядке перечисляются различные комбинации факторов на двух уровнях.

Таблица 3 – План реализации эксперимента

№ оп	$t$ , мм ( $Z_1$ )	$b$ , мм ( $Z_2$ )	$q_d$ , МПа ( $Z_3$ )	$\bar{\sigma}_z$ , МПа ( $Y$ )
1	0,9	6,8	444,5	592,8
2	0,45	6,8	444,5	1006,3
3	0,9	3,4	444,5	517,5
4	0,9	6,8	0	556,0
5	0,45	3,4	444,5	953,1
6	0,9	3,4	0	494,6
7	0,45	6,8	0	951,8
8	0,45	3,4	0	927,2

Уравнение множественной линейной регрессии относительно новых переменных будет иметь вид:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i < j} b_{i,j} x_i x_j, \quad (8)$$

где  $b_0, b_i, b_{ij}$  – коэффициенты уравнения регрессии, вычисленные из результатов эксперимента:

$$b_0 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_j; \quad b_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ji} y_j;$$

$$b_{r,p} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{jr} x_{jp} y_j, \quad (10)$$

где:  $i = 1, k, r < p, r = 1, k, p = 1, k$

Значения коэффициентов регрессии, полученные по формулам (10)

$$b_0=749.92, \quad b_1=-206.693, \quad b_2=28.805, \\ b_3=17.505, \quad b_{12}=7,357, \quad b_{13}=-2,6, \quad b_{23}=5,317, \quad b_{123}=-1,85$$

Подставляя полученные коэффициенты в уравнение 8 строится уравнение регрессии:

$$Y=749,92-209,69x_1+26,80x_2+17,50x_3+7,35x_1x_2- \\ 2,6x_1x_3+5,31x_2x_3-1,85x_1x_2x_3 \quad (11)$$

В силу детерминистского подхода значимость коэффициентов уравнения регрессии ограничим вторым порядком малости по отношению к наибольшему значению. Тогда

$$Y=749,92-209,69x_1+26,80x_2+17,50x_3+7,35x_1x_2 \quad (12)$$

После преобразования в натуральных переменных получаем уравнение регрессии в окончательном виде:

$$[\bar{\sigma}_z] = -1379,22-1054,99t-9,91b-0,032q+28,8tb. \quad (13)$$

Для проверки адекватности полученного уравнения сравним его результаты с полученными в табл. 3 значениями и результатами регрессии, построенной путем регрессионного анализа в пакете Microsoft Excel (табл. 4).

Полученные результаты относительно близки.

Таблица 4 – Сравнительная оценка результатов расчётов

$\bar{\sigma}_z$ , МПа		
Расчётно-экспериментальная оценка	ПФЭ	Microsoft Excel
592,8	574,4	584,5
1006,3	979,1	1003,9
517,5	506,1	530,9
556,0	537,7	549,5
953,1	940,2	950,3
494,6	483,2	495,9
951,8	924,6	968,9
927,2	914,3	915,3

Т.о. построенное уравнение регрессии (13) адекватно моделирует процесс срезания выступов 57 мм изделия в выбранном диапазоне изменения факторов и может быть использовано в имитационной модели функционирования ГИУ.

### Литература

1. Лепеш Г.В. Иерархический подход при решении задач динамики силового взаимодействия. // Технико-технологические проблемы сервиса. –2015, №3(33), с. 49-58.
2. Лепеш, Г.В. Динамика и прочность осесимметрических и вращающихся изделий. /Г.В Лепеш/ - Спб: изд-во СПбГУСЭ, -2010 г. – 143 с
3. Лепеш, Г.В. Моделирование процесса нагружения трубы внутренним давлением с перемещающимся с высокой скоростью фронтом нагружения. /Г.В Лепеш// Сб. докладов X межд. конф. По мягким вычислениям и измерениям. 25-27 июня 2007 г. СПб. : ЛЭТИ. -с.152 – 161
4. Соколовская И.Ю. Полный факторный эксперимент / И.Ю. Соколовская // Методические указания для самостоятельной работы студентов. – Новосибирск: НГАВТ, 2010. – 36 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

О.Б. Тихонова<sup>1</sup>, Д.В. Русяков<sup>2</sup>, Л.В. Ларина<sup>3</sup>, Я.С. Давыдов<sup>4</sup>

*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета (ИСОиП(филиал) ДГТУ),  
346500, Шахты, ул. Шевченко, 147*

В статье проведен анализ компьютерного моделирования работы ветроэнергетической установки, расчет обтекания, основных аэродинамических сил и моментов возникающих на однороторной и двухроторной ветровой установке при обдуве ее ветровым потоком в программном комплексе.

*Ключевые слова:* ветроэнергетическая установка, компьютерное моделирование, двухроторная ветроустановка, малая скорость ветра, аэродинамическое обтекание.

### APPLICATION OF COMPUTER MODELING OF WIND POWER INSTALLATION

O.B. Tihonova, D.V. Ruslyakov, L.V. Larina, Ya.S. Davydov  
*Institut service sector and enterprise (branch) of the Don State Technical University  
(ISOiP(branch) DGTU), 346500, Schachty, str. Shevchenko, 147*

In the article the analysis of computer simulation of vetroenergetichesky installation, calculation of flow, fundamental aerodynamic forces and moments occurring at the single and durational wind installation when its blowing wind flow using software.

*Keywords:* wind turbine, computer simulation of dual rotor wind turbine, small wind speed, the aerodynamic flow around

В настоящее время ветроэнергетика является самой быстроразвивающейся отраслью в мировой электроэнергетики. Одной из проблем разработки ветроэнергетических установок (ВЭУ) является подведение теоретической базы создания систем технического устройства эффективно преобразующего энергию ветра. Существует ряд трудностей на пути развития и широкого применения автономных установок.

Создание и разработка ветроэнергетических установок (ВЭУ) малой мощности связаны с решением ряда сложных как научных, так и практических задач:

- установления рациональных режимов работы ветроустановки при малых скоростях ветра;
- поиск и разработка конструкции генератора, стабильно работающего в условиях малых ветров;
- разработка методов расчета эффективности ВЭУ с учетом динамического взаимодействия с ветроколесом;

- моделирование аэродинамических процессов.

Многие задачи, с которыми приходится в настоящее время сталкиваться исследователям и инженерам, не поддаются аналитическому решению, либо требуют огромных затрат на экспериментальную реализацию. Зачастую единственной возможностью экспрессного анализа инженерной проблемы является компьютерное моделирование ветроустановки.

Рассмотрены несколько вариантов задачи моделирования обтекания ветроустановок:

- традиционная ветроустановка с одним ротором и двухроторная ветроустановка (первое ветроколесо одинаково по диаметру со вторым ветроколесом);
- двухроторная ветроустановка с разными по диаметру ветроколесами, с учетом близости земли и без учета, при наличии схематизированной башни и без нее, с учетом обтекания гондолы, установленной вверх по потоку от ротора, и без учета.

<sup>1</sup>Тихонова Ольга Борисовна – кандидат технических наук, доцент кафедры Технические системы ЖКХ и сферы услуг ИСОиП (филиал) ДГТУ, тел: +7 918 5516113, e-mail: [tudd@mail.ru](mailto:tudd@mail.ru);

<sup>2</sup>Русяков Дмитрий Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры Технические системы ЖКХ и сферы услуг ИСОиП (филиал) ДГТУ, тел: +7 9085065574, e-mail: [ruslyakof@yandex.ru](mailto:ruslyakof@yandex.ru);

<sup>3</sup>Ларина Людмила Васильевна – кандидат технических наук, профессор кафедры Технические системы ЖКХ и сферы услуг ИСОиП (филиал) ДГТУ, тел. +79281391223;

<sup>4</sup>Давыдов Ярослав Сергеевич – магистрант кафедры Технические системы ЖКХ и сферы услуг ИСОиП (филиал) ДГТУ

Комплекс вычислений проведен в программном комплексе ANSYS Fluent. Геометрия модели традиционной ВЭУ с одним ротором в программном комплексе ANSYS DesignModeler приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Геометрия модели однороторной ВЭУ в ANSYS DesignModeler

Для экономии времени за счет визуализации общей структуры всего проекта предлагается использование схематического представления ВЭУ (рис. 3) в среде ANSYS Workbench. Расчетные модули содержат все необходимые компоненты и позволяют создать всю систему расчета. Формирование связей в схеме ветроэнергетической установки позволяет осуществлять обмен между различными физическими задачами и импортировать нагрузку из расчета в расчет.

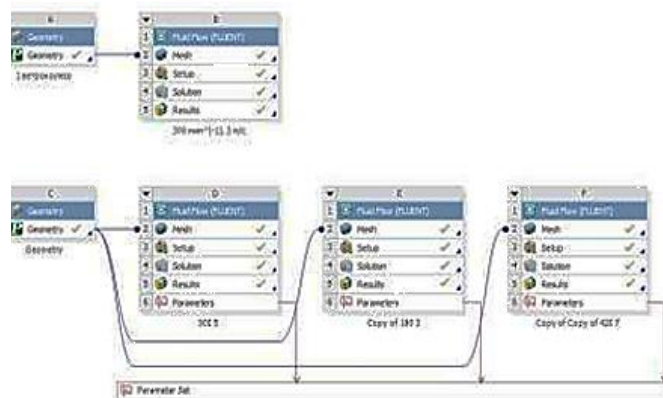
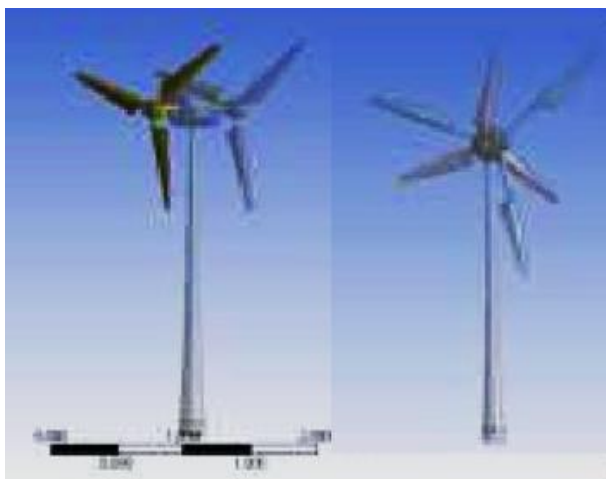


Рисунок 3 – Схема проекта расчета лопасти ветроколеса в ANSYS Workbench



а) б)

Рисунок 2 – Геометрия модели двухроторной ВЭУ в ANSYS DesignModeler: а) ВЭУ с одинаковыми ветроколесами; б) ВЭУ с разными ветроколесами

На рисунке 2 приведена двухроторная ветроустановка с контр вращением лопастей, построенная в программном комплексе ANSYS DM для дальнейшего создания физической и математической модели, выбора расчетных областей и подобластей, проведения цикла методических и параметрических расчетов.

В ANSYS Fluent представлено большое число моделей турбулентности. Модели ламинарно-турбулентного перехода позволяют предсказать смену режимов в пограничном слое. Эксперименты проводились для трех скоростей, соответственно для 3 м/с, 5 м/с, 7 м/с результаты представлены в таблицах 1÷3.

В таблице 4 приведены результаты расчетов коэффициента использования энергии ветра ( $K_{изв}$ ), выполненные согласно предложенным моделям ветроэнергетических установок.

Согласно полученным результатам (таблица 4) коэффициент использования энергии ветра ( $K_{изв}$ ) у двухроторной ветроустановки с контр вращением при разных диаметрах ветроколеса больше, чем коэффициент использования энергии ветра однороторной ветроустановки традиционного типа, но уступает по характеристикам двухроторной ветроустановки с контр вращением при одинаковых диаметрах. Модель двухроторной ВЭУ с контр вращением при одинаковых ветроколеса является более эффективной по

сравнению с первым и третьим вариантом моделирования.

Таблица 1 – Зависимость крутящего момента и мощности ВЭУ при скорости ветра 3 м/с

Вариант моделирования	№ ветроколеса	Крутящий момент, кгс•м	Мощность, Вт
1 ВК	1	0,042	0,011
1 ВК = 2 ВК	1	0,028	0,008
	2	0,026	0,007
1 ВК < 2ВК	1	0,015	0,004
	2	0,084	0,022

Таблица 2 – Зависимость крутящего момента и мощности ВЭУ при 5 м/с

Вариант моделирования	№ ступени	Крутящий момент, кгс•м	Мощность, Вт
1 ВК	1	0,243	0,155
1 ВК = 2 ВК	1	0,165	0,105
	2	0,154	0,098
1 ВК < 2ВК	1	0,110	0,070
	2	0,451	0,279

Таблица 3 – Зависимость крутящего момента и мощности ВЭУ при скорости ветра 7 м/с

Вариант моделирования	№ ветроколеса	Крутящий момент, кгс•м	Мощность, Вт
1 ВК	1	0,121	0,055
1 ВК = 2 ВК	1	0,082	0,037
	2	0,076	0,035
1 ВК < 2ВК	1	0,055	0,025
	2	0,208	0,092

Таким образом, очевидно, что компьютерное моделирование ветроэнергетической установки поможет заменить физические эксперименты на виртуальные, при допустимой достоверности результатов.

Таблица 4 – Результаты  $K_{иэв}$  в комплексе ANSYS

Метод моделирования	Киэв ВЭУ при 3 м/с, %	Киэв ВЭУ при 5 м/с, %	Киэв ВЭУ при 7 м/с, %
Однороторная ВЭУ	39,1	40,7	42,0
Двухроторная ВЭУ с контр вращением ВК, при 1 ВК = 2 ВК	52,2	53,8	55,1
Двухроторная ВЭУ с контр вращением ВК, при 1 ВК < 2 ВК	41,1	42,5	44,5

### Литература

- 1 Программный продукт ANSYS для решения задач вычислительной гидродинамики [Электронный ресурс] <http://www.cadferm-cis.ru/products/ansys/>
- 2 Обозов А. Дж., Мамыркулов К.М и др. К вопросу создания ВЭУ с системой автоматического регулирования выходных электрических параметров // Математическое моделирование и проблемы автоматизации: Тез. докл. конф. - Фрунзе, 1990. - С.51.
- 3 Русяков Д.В. Вопросы энергосбережения и энергоэффективности жилищно-коммунального комплекса в России/ Д.В. Русяков, О.Б. Тихонова// Актуальные проблемы техники и технологии: международная научно-практическая конференция: материалы: – ИСОиП (филиал) ДГТУ, 2014, с.151-154
- 4 Русяков Д.В. Правовые основы энергосбережения и оценки энергоэффективности в России/Д.В. Русяков, О.Б. Тихонова.// Наука и мир. – 2014. – Т. 2, №4 (8)/
- 5 Ветроэнергетика/ под ред. Д. де Рензо: Пер. с англ.; в 39 под ред. Я. И. Шефтера.- М.: Энергоатомиздат, 1982.
- 6 Тихонова О.Б. Проблемы и перспективы исследования ветроустановок малой мощности в жилищно-коммунальном комплексе/О.Б. Тихонова, Д.В. Русяков и др.//Material sofxiinternational researchand practice conference “fundamental and applied science – 2015”. – Science and Education Ltd, Sheffield, UK, 2015. - Vol. 18

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭФФЕКТА РАНКА-ХИЛЬША

Г.В. Лепеш<sup>1</sup>, С.К. Лунева<sup>2</sup>

*Санкт-Петербургский государственный экономический университет (СПбГЭУ)  
191023, Санкт-Петербург, ул. Садовая, 21*

Рассмотрены возможности совершенствования и повышения эффективности теплообменного аппарата тепловых насосов с применением вихревого эффекта, рассмотрены трубы Ранка – Хильша.

*Ключевые слова:* вихревой эффект; тепловые насосы; энергоэффективность; энергосбережение; вихревые трубы; трубы Ранка – Хильша.

### IMPROVEMENT TECHNOLOGY HEAT PUMPS ON THE BASIS RANKA-HILSA EFFECT

G.V. Lepesh, S.K. Luneva

*Saint Petersburg State University of Economics (SPbGEU),  
191023, St. Petersburg, st. Sadovaja, 21*

The possibilities of improving and increasing the effectiveness of heat exchanger heat pumps with the use of vortex effect, the pipe Ranka – Hilsa.

*Keywords:* vortex effect; heat pumps; energy efficiency; energy saving; vortex tubes; tubes Ranka – Hilsa

Объективная ограниченность запасов природных ископаемых топливных ресурсов, как основного сырья топливно-энергетического комплекса, вызвала необходимость использования мероприятий по энерго- и ресурсосбережению. Технология производства любой энергии предполагает потребление невозобновляемых ресурсов, поэтому нерациональное использование, переработка, транспортировка и потребление сырья или энергии не только уменьшают экономические показатели производства, но и оказывают неблагоприятное влияние на окружающую среду, ухудшая экологическую ситуацию.

Существовавшая политика дешевых и доступных энергоносителей привела к строительству в Российской Федерации сооружений и зданий с низкими теплозащитными свойствами ограждающих конструкций, а отсутствие приборов учета и контроля за потребленными ресурсами: тепловой энергии, воды, природного газа – привело к неэкономному расходованию ресурсов. Проектирование и внедрение новых источников энергии и технологий является одним из приоритетных направлений развития энерго- и ресурсосбережения во всем мире, развитию возобновляемых и альтернативных источников энергии уделяется пристальное внимание. Поэтому при проектировании новых, реконструкции и модернизации действующих

теплогенерирующих источников энергии и теплопотребляющих систем необходимо обращать внимание на новые ресурсосберегающие и экологичные технологии, способствующие повышению энергоэффективности систем и снижающие неблагоприятное воздействие на окружающую среду.

В частности, энергоэффективность может быть повышена за счет применения тепловых насосов, предназначенных для утилизации теплоты источников, как техногенного, так и природного характера, и передачи этой теплоты на нужды потребителя. При этом широкое внедрение тепловых насосов, как эффективных средств утилизации теплоты в системы теплоснабжения зданий и сооружений (котельные, жилые и производственные здания и т.д.) приведет к значительной экономии энергоресурсов и, следовательно, уменьшению количества сжигаемого топлива и снижению нагрузки на окружающую среду.

Актуальными направлениями развития данной технологии, являются как совершенствование рабочих процессов тепловых насосов и оптимизация схем, приводящие к повышению эффективности ТН, так и поиск, и обоснование применения их в различных системах тепло- и энергоснабжения зданий и сооружений.

<sup>1</sup>Лепеш Григорий Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Машины и оборудование бытового и жилищно-коммунального назначения, СПбГЭУ, тел.: +7 921 751 2829, e-mail: gregoryl@yandex.ru;

<sup>2</sup>Лулева Светлана Курусовна - аспирант кафедры Машины и оборудование бытового и жилищно-коммунального назначения, СПбГЭУ, тел.: +7 911 9151670, isvetlana1508@mail.ru

Тепловые насосы – технология, которая предусматривает преобразование теплоты от низкопотенциального источника, в пределах температурных параметров окружающей среды. Одним из основных элементов ТН является теплообменный аппарат, в котором происходит передача низкопотенциальной теплоты воздуха теплоносителю. Для повышения удельной эффективности теплопередачи необходимо изучить возможности применения принципиально новых конструкций.

Из существующих аппаратов высокую удельную эффективность имеют устройства с активными гидрогазодинамическими режимами, такие как циклонные и вихревые. Важной особенностью циклонно – вихревых устройств является высокая зависимость эффективности их работы от конструктивных и режимных параметров [2].

Вихревой эффект был открыт в 1931 г. Ж.Ранком при измерении температуры в промышленном циклоне, который заключается в снижении температуры газа в центральных слоях закрученного газа и повышении температуры газа на периферийных участках. В 1946 г. Р.Хильшем были опубликованы результаты экспериментов по изучению эффекта и предложена конструкция вихревой трубки. Технические решения для теплотехнических аппаратов, в которых используется вихревой эффект – эффект расслоения при движении в трубе расширяющегося закрученного высокоскоростного потока среды, при котором температура пристенного слоя выше температуры центральных слоев, представляют вихревые трубки. Конструктивно устройство представляет цилиндрическую трубу с одним или несколькими входными отверстиями, в которые подается сжатая среда (воздух или газ). Воздух тангенциально подается в вихревую камеру, закручивается и движется по плавно поворачивающейся поверхности трубы у её внешней стенки образуется область повышенного давления и температуры, а у центральной образуется область пониженной температуры и давления. На противоположном торце вихревой трубки установлена кольцевая диафрагма, и из её внутреннего отверстия выходит охлажденная часть потока (рис.1).

Разделение воздуха на горячий и холодный происходит с перепадом температур до 100 градусов.

Эффект Ранка до конца не изучен, парадоксальность эффекта Ранка заключается в том, что центробежные силы во вращающемся потоке

направлены наружу и, более тёплые слои газа или жидкости, имея меньшую плотность всегда поднимаются вверх, а в случае возникновения центробежных сил стремятся к центру, при этом более холодные слои, имея большую плотность должны стремиться к периферийной части устройства. При этом должен происходить обратный температурный эффект разделения среды.

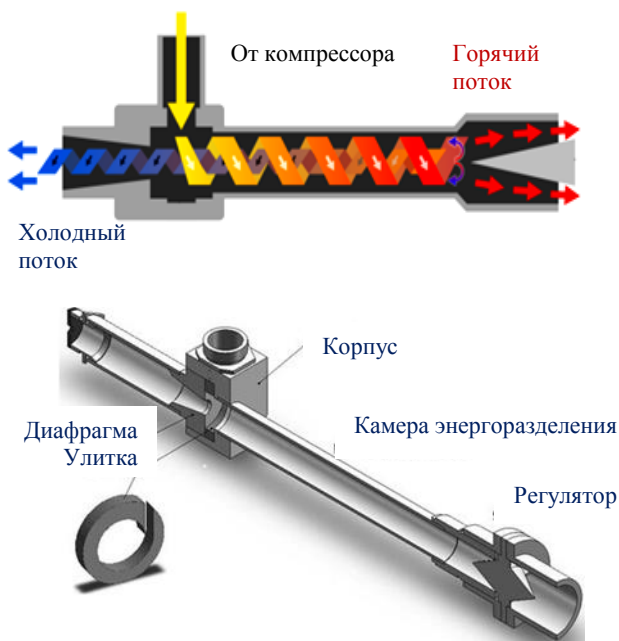


Рисунок 1 – Устройство вихревой трубки

Описание вихревого движения несжимаемой жидкости можно представить вращением всего имеющегося объема как твердого тела вокруг некоторой оси с постоянной круговой частотой вращения  $\omega$ , при этом скорость линейного движения элемента жидкости  $v$  и расстояние до оси вращения  $r$  определяются по формуле:

$$\omega = \frac{v}{r} = \text{const.}$$

Такое движение принято называть квазитвердым вращением или вынужденным вихрем. В вынужденном вихре имеется радиальное разделение жидкости по величине кинетической энергии, за счет адиабатного сжатия внешних слоев и разрежения внутренних образуется температурное разделение по радиусу, которое в совокупности с радиальным распределением кинетической энергии приводит к энергетическому разделению, соответствующему эффекту Ранка [2].

В настоящее время наиболее общепризнанным объяснением эффекта Ранка – Хильша является следующее. При измерении температуры



движущегося в трубе потока двумя приборами, один из которых вмонтирован в трубу, а другой движется вместе с потоком, температуры будут связаны между собой следующей зависимостью:

$$T_0 = T + v^2 / (2 c_p),$$

где:  $T_0$  – температура, измеренная термометром, вмонтированным в трубу, «температура торможения», К;  $T$  – температура «собственная» температура потока, измеренная термометром, движущимся вместе с ним, «статическая температура», К;  $v$  – скорость движения потока в трубе, м/с;  $c_p$  – удельная теплоемкость среды потока, Дж/кг К.

Температура торможения, которая измеряется неподвижным термометром, при одной и той же собственной статической температуре этого потока будет зависеть от его скорости. Если относительно такого термометра остановить весь газ, то вся его температура поднимется до этого значения – кинетическая энергия преобразуется в тепловую. Именно это явление вызывает нагрев передних кромок крыла у скоростных самолётов (прежде всего сверхзвуковых). Предполагается, что возле выходного отверстия диафрагмы угловые скорости и холодного и горячего потоков равны, то есть весь вихрь вращается как единое твёрдое тело («кваситвёрдый» вихрь). В таких условиях на разных радиусах вихревой трубы газ имеет различную линейную скорость, соответственно он имеет и различную термодинамическую температуру. Благодаря эффективному турбулентному перемешиванию внутри вихревой трубы, эти температуры стремятся выровняться, из-за чего и происходит перераспределение собственных («термостатических») температур различных частей потока газа, которое становится явным, когда газ выходит из вихревой трубы. Необходимо отметить, что и это объяснение нельзя признать удовлетворительным, т.к. принятие температуры торможения во всём сечении вихревой трубы одинаковой является неправильным допущением. А приняв в качестве основной гипотезу обмена энергией между различными частями потока, мы должны приходим к обратному распределению температур. Существуют данные, что вихрь внутри трубы Ранка отнюдь не квазитвёрдый, и более того, его центральная часть может вращаться в противоположную сторону, а в таком случае вся эта теория вообще не соответствует практике [3]. Поэтому необходимы практические исследования и измерения различных параметров потоков в

вихревых трубах, таких как скорости и направления вращения на разных радиусах и на разных расстояниях от диафрагмы.

Простота конструкции, невысокая стоимость вихревых труб делают их привлекательными для использования для различных целей, например, в комбинированных энергетических установках, но при этом они имеют низкий КПД и характеризуются очень высоким уровнем шума в связи с высокими скоростями потока воздуха.

Параметры вихревых труб обычно рассчитываются исходя из заданной производительности, которая зависит от скорости и расхода исходного потока. Изменение параметров входного потока от оптимальных значений приводит к снижению КПД вихревой трубы. При этом необходимо отметить, что основное применение вихревые трубы, работающие на эффекте Ранка-Хильша, нашли для охлаждения рабочих сред, рекордное охлаждение, которого удалось достигнуть на одной ступени, составляет более 200°C [3].

Представляет интерес использование эффекта Ранка – Хильша для нагрева теплоносителей и использование получаемой теплоты для теплоснабжения.

Распространено применение вихревых труб для производства холода и более эффективной считается противоточная схема. В качестве оптимальных размеров приводятся следующие значения [2]: внутренний диаметр трубы  $D = 94$  мм, длина трубы  $L = 520$  мм, отверстие диафрагмы для выхода холодного воздуха  $d = 35$  мм, вход воздуха через два сопла, каждое из которых имеет диаметр  $d = 25$  мм. Оптимальная скорость воздушного потока на входе достигает значения 40 – 50% скорости звука. Поэтому, вследствие больших скоростей и мощных турбулентностей вихревые трубы являются шумными.

На рис.2 представлены схемы прямоточной (а) и противоточной (б) вихревых труб, работающих на эффекте Ранка. На рис. 3 приведен пример моделирования вихревого потока в среде CFD Flo Simulation.

Анализ функционирования при изменении скорости входного потока показал, что сильное уменьшение скорости входного потока, а также увеличение и приближение скорости входного потока к скорости звука уменьшает эффективность вихревой трубы до минимальных значений. Уменьшение геометрических размеров относи-

тельно оптимальных, особенно уменьшение диаметра до  $D < 33$  мм заметно снижает КПД. Это свойство можно объяснить тем, что слишком малый диаметр не может предотвратить интенсивное перемешивание разделенных слоев воздуха.

Необходимо отметить, при разработке конструкции вихревых труб не уделяют большого внимания обеспечению ламинарности потоков, как на входе, так и внутри установки, существует мнение, что увеличение турбулентности в некоторых случаях будет способствовать повышению эффективности процесса. Обеспечение ламинарности потока рабочего тела на входе и выходе из трубы может однако привести к снижению шумности устройства.

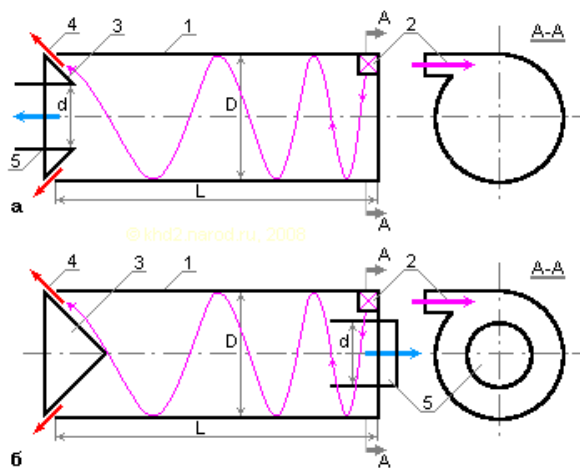


Рисунок 2 – Схемы прямоточной (а) и противоточной (б) вихревых труб на эффекте Ранка (источник [2]): 1 – гладкая цилиндрическая труба; 2 – вход газа (воздуха) – завихритель тангенциального или улиточного типа; 3 – дроссель; 4 – выход горячего газа через кольцевую щель; 5 – диафрагма для выхода холодного газа

Для совершенствования вихревых труб можно предпринять следующие меры:

1. Обеспечение ламинарности входного и выходного потоков и требования к гладкости внутренних поверхностей устройства для уменьшения или предотвращения возникновения турбулентностей, перемешивающих уже разделённые слои.

2. Рабочий поток не должен делать слишком много оборотов: практически всё разделение происходит на первых витках, и дальнейшее движение будет лишь приводить к ненужным потерям на трение и увеличивать аэро/гидродинамическое сопротивление, затрудняя работу нагнетателя. Однако, чем выше плотность потока, тем труднее бу-

дет идти разделение и тем больше оборотов надо будет сделать.

3. В наибольшей степени эффект Ранка должен проявляться для разреженного газа, свойства которого близки к свойствам идеального газа. При возрастании плотности газа и тем более при использовании жидкостей сокращение свободного пробега частиц и повышение вязкости среды становится существенным фактором, наряду с турбулентностью ухудшающим температурное разделение исходного потока.

4. Оптимальная скорость потока должна быть соизмерима со скоростью теплового движения его частиц. Слишком высокая скорость приведёт к тому, что все частицы будут отбрасываться к внешней стенке, и у внутренней стенки образуется бесполезная область вакуума, а слишком низкая ухудшит разделение частиц по их скоростям.

Кроме простоты конструкции и большой производительности вихревые трубы не содержат движущихся деталей, и это обеспечивает им высокую надёжность и долгий срок службы. Вибрация и положение в пространстве практически не оказывают влияния на работу вихревой трубы. Мощный поток воздуха хорошо предотвращает обмерзание, а эффективность вихревых труб слабо зависит от температуры входного потока. Очень важно и практическое отсутствие принципиальных температурных ограничений, связанных с переохлаждением, перегревом или замерзанием рабочего тела. В некоторых случаях играет свою роль возможность достижения рекордно высокого температурного разделения на одной ступени. Обычно одна ступень охлаждает воздух на 50..80°C.

Современные представления о вихревом движении и причинах формирования спиральных пространственных вихревых структур базируются на математических моделях, анализ которых демонстрирует неустойчивость и нестабильность вихревых спиральных структур при числе вихревых нитей более трех, поэтому наиболее перспективным с точки зрения практического применения теории вихрей является экспериментальное и математическое исследование их устойчивости. Анализ использования рекуперативных теплообменных аппаратов на основе вихревого эффекта на промышленных предприятиях показал их преимущества по сравнению с теплообменными аппаратами других типов за счет относительной простоты конструкции, пониженной металлоемкости и высоких удельных эксплуатационных характеристик.

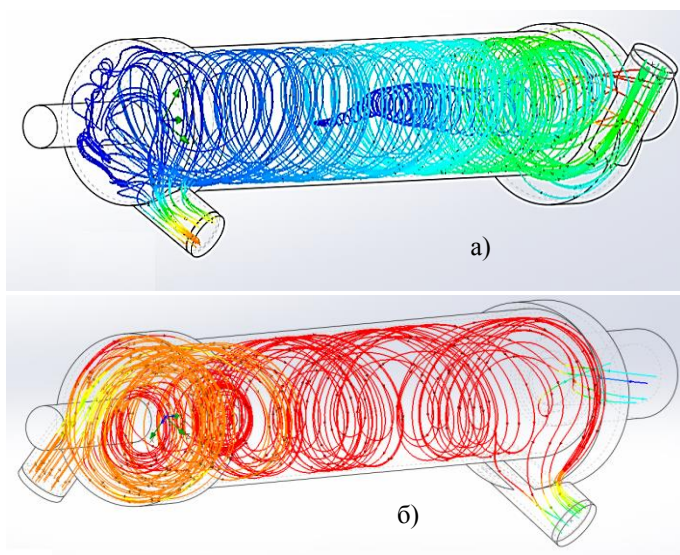


Рисунок 3 – Формирование потока в трубе Ранка-Хильша, рассчитанные в среде Flo Simulation: а) – скорости; б) – температуры

Рисунок 3 – Скорости потока в трубе Ранка-Хильша, рассчитанные в среде Flo Simulation

Исследования работы физической модели струйно-вихревого рекуперативного теплообменного аппарата, проведенного при численном CFD моделировании показали, что эффективность теплоотдачи конвекцией возрастает при увеличении температуры нагретой стенки рекуперативного теплообменного аппарата и увеличении числа распорок – завихрителей, мощность теплообменного аппарата также увеличивается, что связано с увеличением коэффициента теплоотдачи [5].

Вихревой эффект применяется в устройствах, предназначенных для нагрева, в которых в качестве рабочей среды используются жидкости, например, установки ЮСМАР. Очевидно, применение жидкостных устройств обусловлено лучшими теплофизическими свойствами и меньшей шумностью их работы по сравнению с газовыми, характеризующиеся меньшими скоростями рабочего тела.

Анализ многочисленных результатов исследований ученых позволил выявить основные среднеинтегральные характеристики вихревых труб, критериальную базу геометрического подобия и рекомендации по их проектированию. К основным характеристикам оценки вихревого эффекта относятся:

1. Избыточная температура охлаждения, которая определяется как разность температур охлажденного потока и температуры входного потоков.
2. Избыточная температура нагрева, которая определяется как разность температур нагретого потока и температуры входного потоков.

3. Доля охлажденного потока, которая определяется как соотношение массовых расходов охлажденного и входного потоков.

Большая часть данных экспериментальных исследований, проведенные различными авторами, выявили следующие экстремумы по избыточным температурам:

- при значениях доли охлажденного потока – 0,2...0,3 наблюдается наиболее эффективное охлаждение;
- при значениях доли охлажденного потока – 0,6...0,7 наблюдается наиболее эффективный нагрев.

Исследования эффекта Ранка-Хильша продолжаются, что связано с отсутствием полного и законченного объяснения этого явления. Необходимо проведение как теоретических, так и экспериментальных исследований для придания статуса теории. Исключительно важным являются исследования в области вихревых потоков с целью использования в энергетических и теплотехнических аппаратах и устройствах.

### Литература

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон Российской Федерации от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 02.07.2013)// Сборник Федеральных конституционных законов и федеральных законов. – М., 2009. – Вып.12
2. Гуцол А.Ф. Эффект Ранка /Успехи физических наук.- 1997, том167,№6
3. Лаптев А.Г., Н.А. Николаев Н.А., Башаров М.М. Методы интенсификации и моделирования теплообменных процессов. Учебно-справочное пособие. – М.: «Теплотехник», 2011. – 335 с.
4. Лунева, С. К., Решение вопросов энергосбережения и энергоэффективности при применении тепловых насосов // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2014.-№3(29)
5. Энергосбережение в системах жизнеобеспечения зданий и сооружений/ Г.В.Лепеш.- СПб.:Изд-во СПбГЭУ,2014.-437с
6. Ляндзберг А. Р. Вихревые теплообменники и конденсация в закрученном потоке. [Текст] / А. Р. Ляндзберг, А. С. Латкин // — Петропавловск Камчатский: Камчатка ГТУ, 2004. — 149 с.
7. Коркодинов. Я.А., Хурматуллин О.Г. Применение эффекта Ранка – Хильша Пермский национальный исследовательский политехнический университет
8. Агеев К. В., Денисова А. Е. Одесский национальный политехнический университет Струйно-вихревые рекуператоры для энергосберегающих технологий/ Холодильная техника та технологія, 51 (4), 2015

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ЭНТАЛЬПИЙНОГО ПОДХОДА

Д.С. Агапов<sup>1</sup>

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет (СПбГАУ),  
196605, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское ш. д.2.

Составлены энергетические балансы современных газопоршневых энергетических установок и тепловых двигателей входящих в их состав. Построены регрессионные уравнения для расчёта значений составляющих теплового баланса в зависимости от нагрузочного фактора. Для конкретного предприятия подобраны современные когенерационные газопоршневые установки, позволяющие целиком покрыть энергетические нужды производства.

*Ключевые слова:* энергетическая установка, двигатель, КПД, энергетический баланс, параллельное и последовательное соединение, когенерационная установка

## ENHANCEMENT OF HEAT POWER SYSTEMS ON THE BASIS OF ENTALPIYNY APPROACH

D.S. Agapov

St. Petersburg State Agrarian University (SPbGAU),  
196605, St. Petersburg, g. Pushkin, Petersburg Rd. D 2

Energy balances of the modern gas-piston power stations and heat engines which are their part are made. Are constructed the regression equations for calculation of the values which are working out thermal balance depending on a load factor. For the specific entity the modern cogeneration gas-piston installations allowing to cover entirely energy needs of production are picked up.

*Keywords:* power station, engine, efficiency, energy balance, parallel and consecutive connection, cogeneration installation

### Введение

Одним из основных факторов, определяющих структуру системы, является её назначение. Однако область допускаемых решений может включать в себя различные схемные варианты соединения отдельных элементов системы в группы без нарушения функциональных возможностей системы в целом. При этом для задания вектора технических характеристик необходимо знать технические характеристики для групп системных элементов с различной внутренней структурой, не нарушающей условий функционирования всей рассматриваемой технической системы. Так, например, насосы, двигатели и др. элементы системы можно группировать и включать на параллельную работу или последовательную.

### 1. КПД группы тепловых двигателей с параллельной и секвентальной внутренней структурой

В настоящее время отечественной и зарубежной промышленностью выпускается множество различных тепловых двигателей, имеющих различные топливно-экономические и энергетические показатели, назначение и габариты. При этом в составе энергетических установок и комбинированных агрегатов двигатели могут работать на общий вал и быть включены параллельно и последовательно. При этом, как правило, при парал-

лельном включении двигателя устанавливаются одинаковые, а при секвентальном (сериесном) включении двигателя устанавливаются разные (например, турбокомпаундные энергоустановки и установки с утилизацией теплоты отработавших газов). В связи с этим возникает необходимость определения КПД энергетических установок имеющих в своём составе два и более тепловых двигателя [1 – 4]. Пусть имеется два различных тепловых двигателя «Д<sub>1</sub>» и «Д<sub>2</sub>», КПД которых соответственно «η<sub>1</sub>» и «η<sub>2</sub>».

В случае их последовательного соединения (рис.1) теплота, отводимая от первого двигателя, является подводимой теплотой для второго двигателя.

Общий КПД установки определится как:

$$\eta_t = 1 - \frac{Q_{\text{отв}2}}{Q_{\text{подв}1}}; \quad (1)$$

$$Q_{\text{отв}2} = Q_{\text{отв}1} \cdot (1 - \eta_{t2}); \quad (2)$$

$$Q_{\text{отв}1} = Q_{\text{подв}1} \cdot (1 - \eta_{t1}).$$

Подставляя в уравнение (2)  $Q_{\text{отв}1}$  из уравнения (3) имеем:

$$Q_{\text{отв}2} = Q_{\text{подв}1} \cdot (1 - \eta_{t1}) \cdot (1 - \eta_{t2}). \quad (4)$$

<sup>1</sup>Агапов Дмитрий Станиславович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры Автомобиля, тракторов и технического сервиса СПбГАУ, e-mail: different76@list.ru

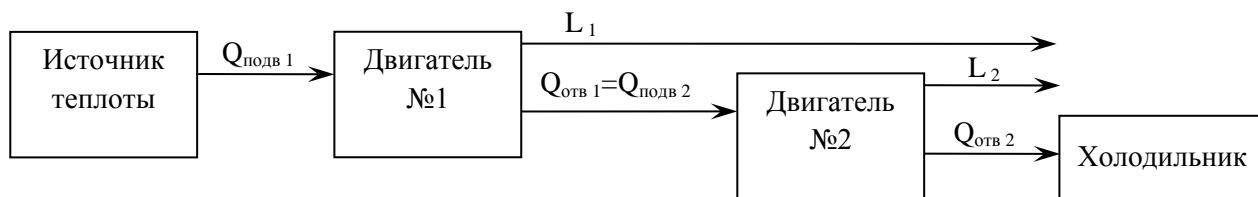


Рисунок 1 – Последовательное соединение двигателей

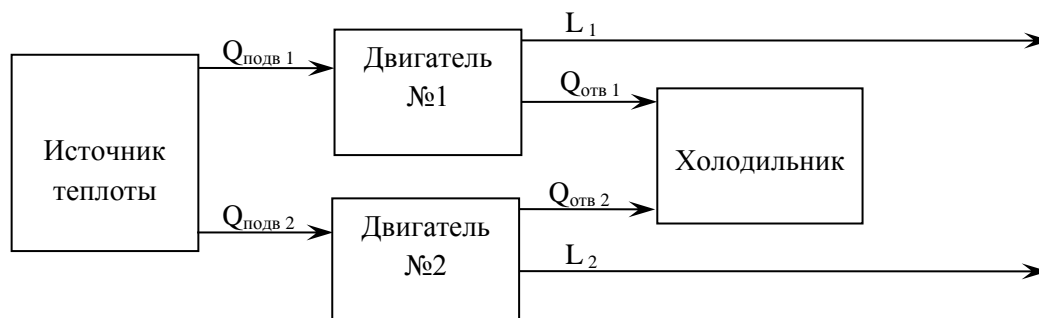


Рисунок 2 – Параллельное соединение двигателей

Подставив в уравнение (1)  $Q_{отв2}$  из уравнения (2.4) получим:

$$\eta_t = 1 - \frac{|Q_{подв1}| \cdot (1 - \eta_{t1}) \cdot (1 - \eta_{t2})}{|Q_{подв1}|} = 1 - (1 - \eta_{t1}) \cdot (1 - \eta_{t2})$$

После несложных преобразований окончательно имеем:

$$\eta_t = \eta_{t1} + \eta_{t2} - \eta_{t1} \cdot \eta_{t2} \quad (5)$$

В случае параллельного соединения двигателей (рис. 2) суммарный КПД определится следующим образом:

$$\eta_t = \frac{|L_1|}{|Q_{подв1}|} = \frac{|L_1| + |L_2|}{|Q_{подв1}|} \quad (6)$$

$$|L_1| = |Q_{подв1}| \cdot \eta_{t1} \quad (7)$$

$$|L_2| = |Q_{подв2}| \cdot \eta_{t2} \quad (8)$$

Подставляя в уравнение (6) значения  $|L_1|$  и  $|L_2|$  из уравнений (7) и (8) имеем:

$$\eta_t = \frac{|Q_{подв1}| \cdot \eta_{t1} + |Q_{подв2}| \cdot \eta_{t2}}{|Q_{подв1}| + |Q_{подв2}|} \quad (9)$$

Обозначив  $X_1$  и  $X_2$  соответственно доли теплоты подведённой к первому и второму двигателю:

$$X_1 = \frac{|Q_{подв1}|}{|Q_{подв1}| + |Q_{подв2}|};$$

$$X_2 = \frac{|Q_{подв2}|}{|Q_{подв1}| + |Q_{подв2}|},$$

окончательно получим:

$$\eta_t = X_1 \cdot \eta_{t1} + X_2 \cdot \eta_{t2} \quad (10)$$

Из сопоставления формул (5) и (10) видно, что если КПД обоих двигателей равен 50%, то при последовательном соединении суммарный КПД равен 75%, а при параллельном 50%.

Из изложенного следует, что при секвенциальном соединении двигателей, суммарный КПД установки всегда выше наибольшего из КПД двигателей входящих в состав установки, или в худшем случае равен ему. При параллельном соединении общий КПД группы не превышает наибольшего из КПД двигателей, входящих в состав установки или в лучшем случае равен ему.

Другие схемные решения групп, с большим числом элементов рассматриваются путём декомпозиции на основе приведённых зависимостей.

Таким образом, рассмотрены способы соединения тепловых двигателей, а также приведены зависимости для определения суммарного КПД составной энергетической установки при различных способах соединения тепловых двигателей. Это позволит нам в дальнейшем при структурной оптимизации технических систем определять технические характеристики групп элементов и использовать их в качестве данных для расчёта.

## 2. Теоретические основы разработки способа подвода теплоты к рабочему телу ДВС при температурно-динамических ограничениях

При параметрической оптимизации технических объектов при формировании областей допустимых решений, записи ограничений и граничных условий для оптимизационных моделей воз-

никает необходимость определения возможных предельных режимов эксплуатации объектов, а также возможных его режимов работы. Лимитирующими факторами для режимов работы эксплуатируемого объекта могут служить такие физические параметры как температура, нагрузки, давления, усилия, частоты и др. [5].

В современных двигателях наблюдается тенденция форсирования применением наддува, изменением степени сжатия и других конструктивных параметров, применением других видов топлив и т. д. При этом практически всегда лимитирующим фактором являются механическая прочность и термонапряжённость конструкции. Допускаемые конструкцией давления и температуры развиваются в цикле лишь на короткое время, что в принципе даёт возможность повысить данные параметры на протяжении цикла и получить дополнительную работу. В связи с этим необходимо адаптировать существующие теоретические циклы поршневых ДВС для наиболее полного использования ресурса их конструкции.

Пусть  $P_{max}$  максимальное давление цикла, допустимое по условию прочности, а  $T_{Pmax}$  максимальная температура, соответствующая данному давлению. В процессе расширения давление уменьшается, но возрастает температура газов и если подвод теплоты при этом продолжается, то, несмотря на снижение давления, прочность конструкции может быть нарушена температурным фактором.

В связи с этим подвод теплоты в процессе расширения необходимо вести так, чтобы произведение давления на абсолютную температуру  $PT$  оставалось постоянным, то есть  $PT = const$ . Пусть:

$$PT = C_1. \quad (11)$$

Тогда из уравнения состояния идеально газа  $Pv = R_0T$  следует:

$$P^2v = R_0PT$$

$$\text{С учётом уравнения (11): } P = \sqrt{\frac{R_0C_1}{v}} \quad (12)$$

Удельная работа расширения в этом случае:

$$l = \int_{v_{BMT}}^{v_{HMT}} P \cdot dv = \sqrt{R_0C_1} \cdot \int_{v_{BMT}}^{v_{HMT}} v^{-0,5} \cdot dv = 2\sqrt{R_0C_1} \cdot \sqrt{v} \Big|_{v_{BMT}}^{v_{HMT}} \quad (13)$$

Обозначив  $2\sqrt{R_0\tilde{N}_1}$  как константу работы  $C_L$  с учётом уравнения (11) при заданных начальных условиях  $P_{max}$  и  $T_{Pmax}$  можно написать:

$$\tilde{N}_L = 2\sqrt{R_0 \cdot P_{max} \cdot T_{Pmax}} \quad (14)$$

Тогда удельная работа расширения:

$$l = 2\sqrt{R_0 \cdot P_{max} \cdot T_{Pmax}} \cdot v \Big|_{v_{BMT}}^{v_{HMT}} = C_L \cdot (\sqrt{v_{HMT}} - \sqrt{v_{BMT}}) \quad (15)$$

$$l = \frac{2\sqrt{R_0C_1}}{\sqrt{v}} \cdot v \Big|_{v_{BMT}}^{v_{HMT}} = 2 \cdot P \cdot v \Big|_{v_{BMT}}^{v_{HMT}} = 2 \cdot (P_{HMT} \cdot v_{HMT} - P_{BMT} \cdot v_{BMT}) = 2 \cdot R_0 \cdot (T_{HMT} - T_{BMT}) \quad (16)$$

Если попробовать описать данный процесс уравнением политропы  $Pv^n = const$ , то можно сказать, что процесс протекает с показателем политропы 0,5.

Это позволит увеличить эффективную мощность двигателя в 1,5 – 1,8 раз. При этом существенно возрастёт расход топлива, повысится температура отработавших газов и эффективный КПД снизится. Если поршневой мотор работает в составе турбокомпаундного двигателя или просто оснащён турбиной, то экономичность установки и её КПД может остаться без изменений или даже снизиться, так как газы впоследствии будут отдавать свою энергию лопаткам турбины.

Применить такой способ подвода теплоты можно переключением топливоподающей аппаратуры на соответствующий режим, когда от двигателя требуется полная мощность, и если при этом повышенный расход топлива не будет иметь принципиального значения.

Таким образом, на основе этих теоретических предпосылок определялись предельные режимы работы ДВС для формирования областей допустимых решений, записи ограничений и граничных условий при параметрической оптимизации энергетических установок, имеющих в своём составе поршневые тепловые двигатели.

### 3. Система предпусковой тепловой подготовки дизелей с использованием аккумулированной энергии

Определение в предыдущих пунктах этой статьи технических характеристик объектов в зависимости от их структуры и режимных факторов являются важным и необходимым условием для составления и решения задачи оптимизации и термодинамического совершенствования рассматриваемого технического объекта [6].

Однако, необходимо заметить, что до того как система выходит на расчётный режим эксплуатации параметры её функционирования не являются оптимальными. В этом случае необходимы технические решения и мероприятия по скорейшему достижению системой своих оптимальных рабочих параметров.

Кроме того, на современных предприятиях используемая техника размещается как в закрытых помещениях, так и на открытых специально оборудованных площадках. В последнем случае про-

блема быстрого введения в эксплуатацию тракторов в зимний период является довольно острой. В первую очередь, данная проблема характерна для тракторов отечественного производства. Существует достаточно большое количество методов предпусковой тепловой подготовки дизелей. Авторам представляется целесообразным с учётом работ профессора М.И. Куколева [7] и других исследователей [8] использовать для этих целей аккумулированную энергию.

Для проведения эксплуатационных испытаний системы предпусковой тепловой подготовки выбран колёсный трактор «Белорус – 320» с дизелем ЛДВ-1603 с разделённой камерой сгорания. Испытуемый трактор выполнял работы по расчистке проезжих дорог, прифермских территорий от снежных заносов, осуществлял операции по снегозадержанию на посевных полях. За весь период проведения эксплуатационных испытаний была обеспечена безгаражная стоянка трактора. Задачами эксплуатационных испытаний являются монтаж системы, отладка выбранной схемы, оценка работоспособности и эффективности системы тепловой подготовки в условиях эксплуатации, а также отработка технической документации на окончательную установку системы в соответствии с результатами испытаний и техническими требованиями к элементам комплектации системы.

Температура окружающего воздуха  $T_0$  во время испытаний изменялась от минус 28 до минус 2°C. Тракторный дизель имеет объём системы охлаждения 10 литров охлаждающей жидкости, при этом внутренний и внешний контуры системы охлаждения имеют объём 5 литров.

Тепловой аккумулятор фазового перехода установлен слева по ходу трактора в месте, удобном для монтажа испытательного оборудования (рис. 3).



Рисунок 3 – Расположение теплового аккумулятора фазового перехода на двигателе испытательного трактора

При температуре 0 °С окружающей среды дизель отстоял 16 часов с заряженным ТАФП (температура расплава 96 °С). При этом температура в тепловом аккумуляторе опустилась до 80 °С. Далее начинался процесс тепловой подготовки.

Во время работы системы в режиме разрядки ТАФП (подогрева двигателя) испытатель, находящийся в кабине трактора, через равные промежутки времени (30 с) регистрирует показания термомпар. При пуске дизеля оценивается время пуска. При этом контролируется температура окружающей среды на всех режимах работы системы.

В течение первых 10 мин от момента включения автономного электронасоса средняя скорость увеличения температуры ОЖ достигает очень высоких значений –  $\frac{\Delta T}{\Delta \tau} = (1,2...2) \text{ } ^\circ\text{C}/\text{с}$ , а

разность температур между входом и выходом из ТАФП составляет до 25°C. Это свидетельствует о том, что ТАФП отдает высокую стартовую тепловую мощность. Последующие 10 мин. разрядки ТАФП (от 10 до 20 мин) характеризуются уменьшением средней скорости изменения температуры

ОЖ  $\frac{\Delta T}{\Delta \tau}$  от (0,12...2) до 0°C/с и  $\Delta T$  до 17°C. Затем

температуры ОЖ на входе и выходе из ТАФП изменяются незначительно, при этом  $\Delta T$  в течение 100 мин плавно уменьшается от 17 до 0°C.

По результатам экспериментальных исследований построен график зависимости температуры охлаждающей жидкости от времени прогрева дизеля в режиме отдачи теплоты тепловым аккумулятором при температуре окружающей среды 0 °С (рис. 4).

Анализ полученных зависимостей показывает, что охлаждающая жидкость во внутреннем контуре охлаждения (объём которого составляет 6 литров ОЖ) прогревается до температуры 77 °С за 15 мин. При 77 °С открывается клапан-термостат, при этом подключается внешний контур охлаждения (объём внешнего контура составляет 13 литров ОЖ). В течение 3-х минут температура ОЖ падает до 62 °С. Это объясняется тем, что за эти три минуты холодная жидкость из внешнего контура перетекает ( $T_{об}$ ) в нагретый внутренний контур и охлаждает общую систему до 62 °С. Затем температура охлаждающей жидкости с помощью ТАФП за 12 минут поднимается до температуры 75 °С.

В связи с вышеизложенным предпусковую тепловую подготовку дизеля в стендовых условиях можно осуществить за 15 минут, подогрев ОЖ до температуры 75 ... 77 °С. Однако за 5 ... 8 минут ОЖ прогревается до температуры 40 ... 55 °С. А при этих температурах время выхода дизеля на

пусковые обороты и продолжительность пускового периода вполне удовлетворительная и составляет 3 ... 5 секунд (рис. 5).

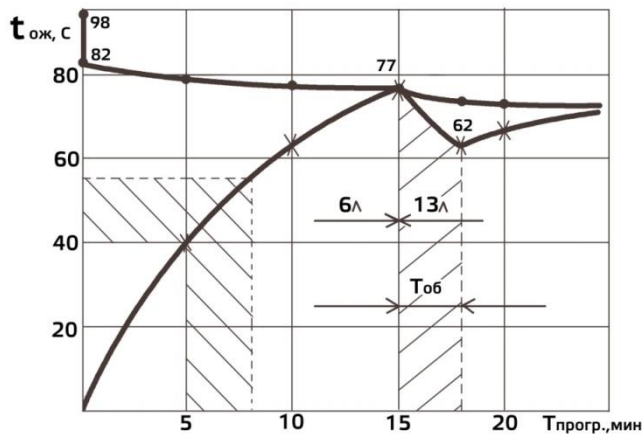


Рисунок 4 – Изменение температуры ТАМ и температуры ОЖ в системе охлаждения дизеля при эксплуатационных испытаниях

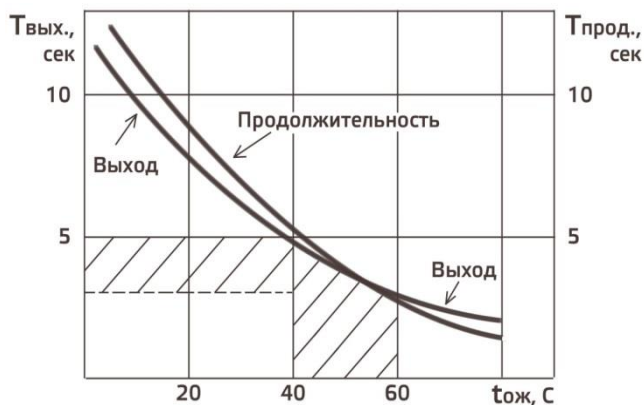


Рисунок 5 – Зависимость времени выхода дизеля на пусковые обороты и продолжительности пускового периода от температуры охлаждающей жидкости

На основании проведённых исследований можно рекомендовать осуществлять пуск дизеля при температуре предварительно прогретой до 40 ... 55 °С ОЖ, но делать это допустимо при температурах окружающей среды не ниже минус 25 °С. При этом время тепловой подготовки будет составлять 5 ... 8 мин., выход на пусковые обороты и продолжительность пуска в сумме будут составлять 6...10 с.

В режиме хранения теплоты фиксируется время межсменной стоянки трактора на открытой площадке при воздействии низких температур окружающей среды. Процесс хранения теплоты продолжался в течение 14 ч при температуре наружного воздуха минус 17...19 °С.

Установить термомпары во внутреннюю полость ТАФП, заполненную охлаждающей жидко-

стью, либо разместить их внутри теплоаккумулирующей капсулы в условиях эксплуатации трактора не удалось. Несомненно, это позволило бы получить достоверную информацию о тепловом состоянии ТАМа в любой момент времени и в любом режиме функционирования системы. Поэтому об эффективности ТАФП в процессе хранения теплоты в условиях эксплуатации трактора можно судить лишь по интегральным показателям, получаемым в процессе его разрядки.

По апробированной методике были проведены сравнительные испытания системы подогрева тракторного дизеля с отдельным и непосредственным впрыском топлива при температурах окружающей среды от минус 25 °С до 0 °С и определено время, в течение которого осуществляется надёжный пуск дизеля (рис. 6).

По результатам испытаний [9] установлено, что для дизелей с отдельным впрыском легче осуществить предпусковую тепловую подготовку разрабатываемым методом. Это объясняется тем, что у дизелей с отдельным впрыском камера сгорания находится в головке блока. При организации предпусковой тепловой подготовки нагреваемая ТАФП жидкость поступает сразу в головку блока, а затем в рубашку блока цилиндров дизеля. Тем самым тепловые условия для самовоспламенения топлива в дизеле с разделённой камерой сгорания создаются быстрее на 3 ... 6 мин. В дизелях с непосредственным впрыском камера сгорания находится в поршне. При организации предпусковой тепловой подготовки нагреваемая ТАФП жидкость поступает в рубашку блока цилиндров дизеля, а затем в головку блока. Поскольку камера сгорания находится в поршне, необходимо прогреть блок цилиндров и поршни. Поэтому условия для самовоспламенения топлива в дизеле с непосредственным впрыском создаются на 3 ... 6 мин дольше. Этот вывод относится к дизелям, имеющим одинаковый объём охлаждающей жидкости в системе охлаждения. Опыт проведения экспериментальных исследований показал, что время предпусковой тепловой подготовки дизелей с турбонаддувом увеличивается на 3 ... 5 мин при прочих равных условиях из-за наличия турбины.

Данные значения температур определены с условием, что аккумуляторная батарея полностью заряжена. Однако в условиях реальной эксплуатации чаще складывается ситуация, когда мощности аккумуляторной батареи недостаточно. В этом случае при пуске дизеля мощность аккумуляторной батареи затрачивается на нагрев свечей накала, а вывести дизель на пусковые обороты уже мощности АКБ не хватает. Особенно часто такие ситуации складываются после длительного хранения мобильной автотракторной техники на откры-



тых площадках при температурах ниже минус 20 °С.

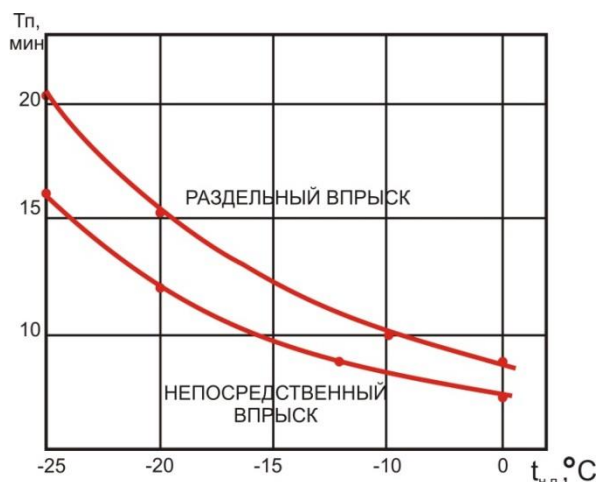


Рисунок 6 – Зависимость времени надёжного пуска дизелей от температуры в условиях экспериментальных исследований. (Размер точек соответствует погрешности измерений)

В результате проведенных эксплуатационных испытаний системы предпускового подогрева тракторного дизеля сделаны следующие выводы:

1. Разработанная система работоспособна. В процессе зимней эксплуатации она показала высокую степень адаптации к серийному дизелю.

2. Работа трактора при изменении температуры окружающей среды в диапазоне от  $-28$  до  $-2$  °C в режиме накопления теплоты осуществлялась в течение 120 мин. ТАФП обеспечивал эффективное хранение накопленной теплоты в указанном выше диапазоне температур окружающего воздуха в течение 17 ч. Подогрев дизеля с помощью ТАФП производился в течение 20 мин, при этом температура охлаждающей жидкости в системе охлаждения достигала  $47,7$  °C. Время выхода на пусковые обороты и продолжительность пуска дизеля при этом составляет 6 ... 8 с. Время подготовки дизеля к принятию нагрузки составляет 10 ... 12 мин.

#### 4. Подбор оборудования на основе энергетического баланса

При структурной оптимизации любого технологического процесса решается ряд важных для дальнейшего функционирования задач, таких как:

- подбор оборудования (для вновь проектируемых предприятий); здесь необходимо учитывать не только возможность обеспечения выбираемым оборудованием технологических задач, но и надёжности функционирования предприятия в целом. То есть при прочих равных условиях два станка меньшей мощности могут оказаться предпочтительней в случае выхода одного из них из строя;

- рациональное размещение оборудования с учётом оптимизации потоков массы, энергии и информации в процессе функционирования; также при этом необходимо учитывать и другие факторы, например, удобство создания микроклиматических условий, подведённые мощности и др.

Для небольшого ассортимента технологического оборудования предлагаемого на рынке, а также при незначительных масштабах производства эти задачи решаются исходя из опыта ведущих специалистов и технологов. В противном случае необходимо прибегнуть к постановке задачи дискретного программирования, определив целевую функцию как:

$$F(\vec{X}) \rightarrow \text{extr}, \quad (17)$$

где:  $D$  – дискретное множество возможных решений задачи структурного синтеза.

$\vec{X}$  – вектор технических характеристик оборудования, возможного для приобретения.

Целевая функция  $F$  выражает, суммарные (капитальные, эксплуатационные и др.) затраты. В этом случае задача решается на минимум. Она может выражать прибыль, производительность или их отношение, что приводит к необходимости решения задачи на максимум.

Для решения таких комбинаторных задач зачастую используются методы ветвей и границ, а также более сложные методы оптимизации на основе нейронных сетей. В качестве уравнений связи (18) выступают ограничения, связанные с общим количеством используемых машин, обеспечением необходимой производительности, уравнения баланса мощностей, возможности буферизации (складских площадей) для сырья и готовой продукции, логистические ограничения по поставкам сырья, финансовые возможности закупки сырья и расходных материалов и другие условия, связанные с графиками функционирования, операциями по ТО и Р.

$$\begin{cases} n \leq n_{\max} \\ \sum N_i \leq N_{\max} \\ \sum f(\vec{A}_i) \leq V_{\text{скл}} \vee S_{\text{скл}} \\ \dots \end{cases}, \quad (18)$$

где:  $n$  и  $n_{\max}$  – соответственно принятое и максимальное число машин способных реализовать производственную программу;  $N_i$  и  $N_{\max}$  – соответственно потребляемая мощность  $i$ -ой машины и максимальная мощность потребления исходя из возможностей энергетического оборудования и сетей;  $\vec{A}_i$  – вектор массогабаритных показателей сырья и/или готовой продукции;  $V_{\text{скл}}$  и  $S_{\text{скл}}$  – соответственно объём и площадь складских помещений.

Ограничениями, накладываемыми на переменные, будут являться условия их неотрицательности.

В качестве примера осуществлён подбор газопоршневых энергетических установок «Guasco» для ООО «Бекон» [10]. При годовом выпуске продукции предприятием ООО «Бекон» около 17 000 000 кг/год потребляется 4995241,97 кВт·ч электрической энергии и 6942439,36 кВт·ч теплоты в год. В сумме годовое энергопотребление для ООО «Бекон» составляет 11937681,33 кВт·ч. При односменной работе (8 часов/сутки) количеством рабочих дней 247 в 2013 году средняя мощность суммарного энергопотребления составила 41167,83 Вт. При этом мощность потребления электроэнергии составила 17226,4 Вт, а теплоты соответственно 23941,43 Вт. Средняя производительность 2,39 кг/с. Удельное потребление энергии на 1 кг продукции составляет суммарно 2527979,58 Дж/кг. При этом требуется 1057815,95 Дж/кг электрической энергии, и 1470163,63 Дж/кг теплоты.

Производственная мощность бойни предприятия ООО «Бекон» составляет 120 голов свиной и 20 голов крупного рогатого скота в час.

Средний вес свиной перед забоем составляет 110 кг. в живом весе. После забоя и обработки (отделение копыт, головы, шкуры и т.д.) остается 62% от первоначального веса. Это убойный вес. От убойного веса идет выход: 10% костей, 2% - отходы, 21% сала и 67% мяса. Эти показатели приведены для породы "Русская белая", которая

является наиболее распространенной в нашей стране. Очевидно, что для других пород отношение сала и мяса может быть другим. Средним весом большинства взрослых коров считается 350-450 кг. Коровы, которые в силу своей породы не могут быть большими, весят в среднем 200-300 кг. Крупные коровы мясных пород могут достигать веса в 700-800 кг. Если брать вес быков, то он в среднем в полтора раза выше, чем у коров той же породы. То есть средний вес быка – 500-700 кг, а у крупных мясных пород он, как правило, составляет больше 1000 кг. Следует отметить, что вес мяса коровы составляет примерно 50% от ее полной массы. Условно можно считать вес 400 кг средним для коров.

При среднем весе свиной 110 кг и крупного рогатого скота 400 кг получается, что при работе линии в номинальном режиме производительность по мясу составляет примерно 2,6342(4) кг/с. Следовательно, для ООО «Бекон» максимальная мощность энергопотребления производственного оборудования составляет суммарно  $\approx 6,64$  МВт. Мощность электропотребления при этом составит  $\approx 2,78$  МВт, и потребление теплоты около 3,86 МВт. Годовая загрузка линии примерно 33%, а резерв мощностей составляет около 67%.

Для задания вектора технических характеристик оборудования будем использовать модельный ряд газопоршневых энергетических установок итальянской фирмы «Guasco», представленных в таблице 1, как одного из признанных лидеров на рынке энергетических установок.

Таблица 1 – Параметры энергетического баланса и стоимость энергетических установок на номинальных режимах работы

Марка	Электрическая мощность, кВт	Максимальная тепловая мощность, кВт	Максимальный полный КПД, %	Стоимость установок, у.е.
SFGLD560	957,00	1282,00	91,24	18046623,74
SFGM560	1025,00	1325,00	90,79	18527135,24
HGM560	1204,00	1561,00	96,45	19653832,38
SFGLD480	813,00	1095,00	91,06	16905117,77
FGLD480	703,98	1086,00	90,86	15897199,91
SFGLD360	609,00	812,00	90,53	14882727,87
FGLD360	528,55	820,00	90,51	13890961,86
SFGLD240	347,00	526,00	89,09	10945273,46
FGLD240	405,00	548,00	90,36	12027209,47
HGM240	502,00	555,00	90,25	13530200,84
SFGLD180	304,00	397,00	89,93	10019193,91
FGLD180	264,28	403,00	90,17	9038931,59
FG180	142,80	239,00	88,38	4730115,35

Результат решения не является очевидным. На первый взгляд, кажется, что необходимо приобрести несколько установок типа HGM560, так как они имеют наибольшее соотношение КПД к стоимости. Для покрытия потребностей в электроэнергии и теплоте достаточно будет трёх устано-

вок этого типа и именно такое решение даёт ЭВМ при задании в качестве целевой функции наименьших затрат на покупку или наибольшего значения общего КПД. При этом суммарная электрическая мощность составит 3612 кВт, а суммарная тепловая мощность 4683 кВт, что соответству-

ет 76,97% нагрузки по электроэнергии и 82,43% по теплоте. При этом будет наблюдаться недогрузка электроэнергетического оборудования, (табл. 2).

Такое решение не является оптимальным, так как недогрузка оборудования приведёт к снижению его КПД, а также перерасходу денежных

средств за неиспользуемые мощностные возможности. Кроме того наличие нескольких одинаковых по характеристикам установок снижает маневренные возможности управления энергетическим оборудованием предприятия.

Таблица 2 – Показатели выбранного оборудования

Энергетические установки	Количество, шт.	Электрическая мощность, кВт.	Тепловая мощность, кВт.	КПД, %	Стоимость, у. е
HGM560	3	1204,00	1561,00	96,45	19653832
Суммарная мощность		3612	4683		
Требуемая мощность		2780	3860		
Недогрузка установок, %		23,03	17,57		
Общий КПД установок				0,97	
Общая стоимость					58961497

Поэтому в качестве целевой функции взята сумма разностей мощностей полученных в ходе решения, и потребных как по электроэнергии, так и по теплоте.

$$(\sum N_{эл, i}^{расч} - N_{эл}^{треб}) + (\sum N_{тепл, i}^{расч} - N_{тепл}^{треб}) \rightarrow \min \quad (19)$$

В качестве уравнений связи задано:

$$\begin{aligned} \sum N_{эл, i}^{расч} &\geq N_{эл}^{треб}, \\ \sum N_{тепл, i}^{расч} &\geq N_{тепл}^{треб} \end{aligned} \quad (20)$$

Граничными условиями будут условия неотрицательности и целочисленности переменных:

$$n_i \geq 0; n_i \in R \quad (21)$$

Решение данной задачи оптимизации указывает на необходимость приобретения следующего перечня оборудования (табл. 3). При этом требования по всем видам энергии практически совпадают.

Таблица 3 – Показатели выбранного оборудования

Энергетические установки	Количество, шт.	Электрическая мощность, кВт.	Тепловая мощность, кВт.	КПД, %	Стоимость, у. е
SFGLD360	1	609,00	812,00	90,53	14882727,87
SFGLD240	2	347,00	526,00	89,09	13890961,86
HGM240	1	502,00	555,00	90,25	10945273,46
SFGLD180	1	304,00	397,00	89,93	12027209,47
FGLD180	2	264,28	403,00	90,17	13530200,84
FG180	1	142,80	239,00	88,38	10019193,91
Суммарная мощность		2780,35	3861		
Требуемая мощность		2780	3860		
Недогрузка установок, %		0,013	0,026		
Общий КПД установок				0,9	
Общая стоимость					83130648,08

Таблица 4 – Показатели выбранного оборудования

Энергетические установки	Количество, шт.	Электрическая мощность, кВт.	Тепловая мощность, кВт.	КПД, %	Стоимость, у. е
HGM560	1	1204,00	1561,00	96,45	19653832,38
FGLD480	1	703,98	1086,00	90,86	15897199,91
SFGLD360	1	609,00	812,00	90,53	14882727,87
FGLD180	1	264,28	403,00	90,17	9038931,59
Суммарная мощность		2781,25	3862		
Требуемая мощность		2780	3860		
Недогрузка установок, %		0,045	0,052		
Общий КПД установок				0,93	
Общая стоимость					59472691,76

Однако, если имеются ограничения по количеству приобретаемых установок, то в уравнения граничных условий добавляется количественное ограничение.

$$\sum n_i \geq n \quad (22)$$

В этом случае решение сводится к следующим показателям (табл. 4).

Расчёты показывают, что максимальное количество единиц приобретаемого оборудования равно восьми, а минимальное трём. Принимаем

решение в пользу наименьшего количества оборудования, так как это априорно связано с наименьшими затратами по монтажу, обслуживанию, ремонту, регистрации и другим, не учитываемым в модели, показателям.

Тогда, задавая в уравнении связи максимальное значение количества оборудования равного трём, получаем следующее решение системы (табл. 5).

Таблица 5 – Показатели выбранного оборудования

Энергетические установки	Количество, шт.	Электрическая мощность, кВт.	Тепловая мощность, кВт.	КПД, %	Стоимость, у.е
SFGLD560	1	957,00	1282,00	91,24	18046623,74
HGM560	1	1204,00	1561,00	96,45	19653832,38
FGLD480	1	703,98	1086,00	90,86	15897199,91
Суммарная мощность		2864,975	3929		
Требуемая мощность		2780	3860		
Недогрузка установок, %		2,97	1,76		
Общий КПД установок				0,93	
Общая стоимость					53597656,03

Таким образом, окончательно принимается решение на приобретение трёх различных энергетических установок (SFGLD560, HGM560, FGLD480) по одной единице, которые, работая совместно, обеспечат необходимые показатели, представленные в табл.5.

С использованием энтальпийного подхода на основе энергетического баланса нами была решена задача оптимизации приобретаемого оборудования для покрытия потребностей предприятия в электроэнергии и теплоте.

### 5. Управление энергетическими системами на основе энергетического баланса

После подбора необходимого технологического оборудования возникает вопрос оптимального управления данными системами. Это обусловлено тем обстоятельством, что подбор оборудования, описанный выше, осуществлялся на основе значений максимального энергопотребления, с той целью, чтобы принятые к приобретению энергетические установки имели возможность покрывать пиковые нагрузки энергопотребления. Однако большая часть времени эксплуатации энергетического оборудования осуществляется при средних нагрузочных режимах, что, безусловно, влияет на показатели его эффективности. А значит и на показатели эффективности всей системы, в которую оно встроено [11 – 14].

Рассмотрим энергетические балансы тепловых двигателей, работающих в составе рассматриваемых нами энергетических установок на четырёх различных режимах нагружения, соответственно 40%, 60%, 80% и 100% см. Современные методы и средства измерения тепловых потоков позволяют

получать достаточно достоверную картину энергетического баланса [15]. Графически данную информацию можно представить на диаграмме (рис. 7) в виде зависимости долей составляющих теплового баланса от нагрузки [16].

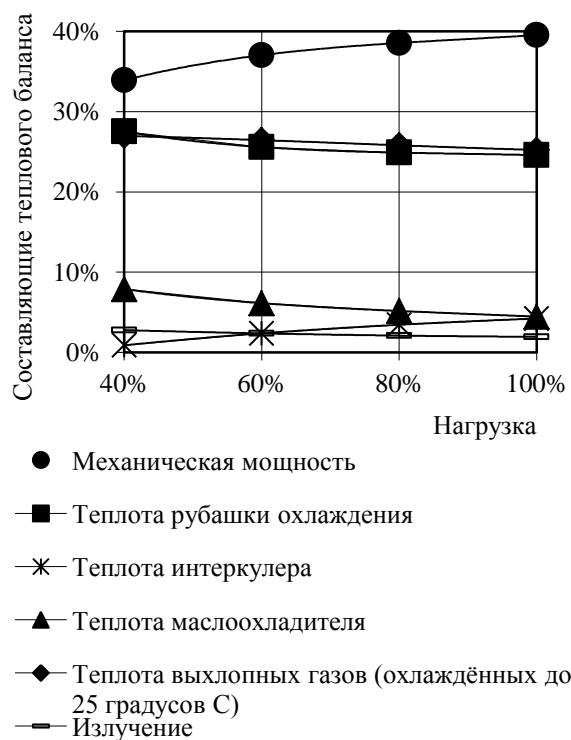


Рисунок 7 – Составляющие теплового баланса двигателей энергетических установок

По приведённым данным (рис. 7) нами были получены [17] уравнения регрессии второго порядка, достоверно описывающие все составляющие

теплового баланса в зависимости от нагрузки (табл. 6). Так как для двигателей, работающих на генератор характерно постоянство частоты вращения колеччатого вала, то нагрузка может оцениваться по крутящему моменту или среднему эффективному давлению в цилиндре. В качестве нагрузочного фактора использована относительная величина  $\beta$ , представляющая собой отношение текущего значения крутящего момента к его номинальному значе-

нию (23). Во всех случаях величина достоверности аппроксимации,  $R^2 = 1$ .

$$\beta = M_{кр} / M_{кр ном} \quad (23)$$

где:  $M_{кр}$  – текущее значение крутящего момента двигателя, Н·м.

$M_{кр ном}$  — номинальное текущее значение крутящего момента двигателя, Н·м.

Таблица 6 – Уравнения составляющих теплового баланса тепловых двигателей, работающих в составе когенерационных установок «Guaskor»

Наименование	Уравнение
Механическая мощность	$Ne = Q \cdot (0,2222 \cdot \beta^3 - 0,6004 \cdot \beta^2 + 0,5876 \cdot \beta + 0,1861)$
Теплота отработавших газов, (охлажденных до 25 °С)	$Q_{ог} = Q \cdot (0,0367 \cdot \beta^3 - 0,081 \cdot \beta^2 + 0,0271 \cdot \beta + 0,2696)$
Теплота, отводимая системой охлаждения	$Q_{с.о.} = Q \cdot (-0,1788 \cdot \beta^3 + 0,4776 \cdot \beta^2 - 0,4387 \cdot \beta + 0,3859)$
Теплота, отводимая через маслоохладитель	$Q_{с.с.} = Q \cdot (-0,1086 \cdot \beta^3 + 0,2935 \cdot \beta^2 - 0,2987 \cdot \beta + 0,1584)$
Теплота промежуточного охладителя (интеркулера)	$Q_{п.о.} = Q \cdot (0,0268 \cdot \beta^3 - 0,1016 \cdot \beta^2 + 0,1561 \cdot \beta - 0,039)$
Теплота, теряемая излучением	$Q_{и} = Q \cdot (0,0018 \cdot \beta^3 + 0,0119 \cdot \beta^2 - 0,0333 \cdot \beta + 0,0391)$
Подводимая теплота	$Q = Q_{ном} \cdot (0,8879 \cdot \beta + 0,1117)$

Для поиска оптимального алгоритма управления подобранными для ООО «Бекон» установками и составления нагрузочной карты управления необходимо разработать модель оптимизационной задачи. Оптимизацию ведём по критерию расхода топлива. При этом в уравнения связи заложено условие, что нагрузка не должна быть меньше 40%.

Решая систему (24) относительно неизвестных  $\xi_i$  и  $\beta_i$  получаем множество решений с шагом нагрузки 10% (табл. 7).

$$\begin{cases} \sum Q_i(\xi_i; \beta_i) \rightarrow \min; \\ \sum N_{эл i}(\xi_i; \beta_i) \geq N_{эл}^{треб}; \\ \sum N_{тепл i}(\xi_i; \beta_i) \geq N_{тепл}^{треб}; \\ 0 \leq \xi_i \leq 1; \quad \xi_i \in Z; \\ 0,4 \leq \beta_i \leq 1; \quad \beta_i \in N; \end{cases} \quad (24)$$

Примечательным является режим, в котором сохраняется соотношение между потребляемой электроэнергией и теплотой. В табл. 7 он прослеживается при равных значениях электро- и теплопотребления (выделен серым цветом). При этом режим управления наглядно демонстрируется графиком на рис. 8, а долю генерируемой энергии отображает график на рис.9. Все ограничения удовлетворены и соблюдены граничные условия.

При других зависимостях для соотношений тепло- и электропотребления для нужд ООО «Бекон», а также для получения данных о режимах, не имеющих точного соответствия с табличными необходимо решить систему (24) заново или прибегнуть к интерполированию данных табл.7.

Из табл.7, а также рисунков 8 и 9 видно, что оптимальный режим управления в случае одинаковых долей потребности по электроэнергии и по теплоте должен осуществляться следующим образом.

До достижения нагрузки на систему энергетического снабжения 26 – 27% (первая треть нагрузочных графиков) все потребности покрываются исключительно за счёт установки FGLD480. При дальнейшем увеличении нагрузки до 40 – 41% установка FGLD480 выключается и запускается установка HGM560. Дальнейшее повышение нагрузки до 62% требует совместной работы FGLD480 и SFGLD560, причём как видно из графиков регулирование в этом диапазоне осуществляется за счёт FGLD480. Последующее возрастание нагрузки на энергосистему до 75% вызывает необходимость включения на параллельную работу HGM560 и SFGLD560. В диапазоне от 75 – 100% нагрузки должны работать все три энергетические установки FGLD480, HGM560 и SFGLD560 совместно.

Безусловно, покрытие энергетических потребностей возможно и другими сочетаниями включения установок, но сочетания, приведённые выше обеспечить минимальные эксплуатационные затраты.

Таким образом, в данной статье рассмотрены энергетические балансы современных газопоршневых энергетических установок Guaskor (Италия) и тепловых двигателей входящих в их состав, определены составляющие теплового баланса, такие как общая подводимая теплота, теплота теряемая излучением, теплота промежуточного охладителя (интеркулера), теплота, отводимая через маслоохладитель, теплота отводимая системой охла-

ждения и механическая мощность. Получены регрессионные уравнения для расчёта значений составляющих теплового баланса в зависимости от нагрузочного фактора.

Для конкретного предприятия ООО «Бекон», специализирующимся на убое КРС и свиней,

были подобраны современные когенерационные газопоршневые установки, позволяющие целиком покрыть энергетические нужды производства, а именно SFGLD560, HGM560 и FGLD480.

Таблица 7 – Оптимальные режимы нагрузок для энергетических установок

Потребность в электроэнергии в долях от максимальной	Установки	Потребность в теплоте от максимальной										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0	SFGLD560	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,00	40,00	83,54	99,25	87,98
	HGM560	0,00	0,00	0,00	61,27	46,59	75,28	40,00	40,00	40,00	43,68	87,98
	FGLD480	0,00	40,00	61,61	0,00	41,85	40,00	56,49	97,42	83,54	99,25	87,99
0,1	SFGLD560	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,00	40,00	83,54	99,25	87,98
	HGM560	0,00	0,00	0,00	61,27	46,59	75,28	40,00	40,00	40,00	43,68	87,98
	FGLD480	40,00	40,00	61,61	0,00	41,85	40,00	56,49	97,42	83,54	99,25	87,99
0,2	SFGLD560	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,00	40,00	83,54	99,25	87,98
	HGM560	0,00	0,00	0,00	61,27	46,59	75,28	40,00	40,00	40,00	43,68	87,98
	FGLD480	72,09	72,09	72,09	0,00	41,85	40,00	56,49	97,42	83,54	99,25	87,99
0,3	SFGLD560	0,00	85,40	0,00	0,00	0,00	0,00	40,00	40,00	83,54	99,25	87,98
	HGM560	71,79	0,00	71,79	71,79	40,00	75,28	40,00	40,00	40,00	43,68	87,98
	FGLD480	0,00	0,00	0,00	0,00	51,77	40,00	56,49	97,42	83,54	99,25	87,99
0,4	SFGLD560	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	92,81	40,00	40,00	83,54	99,25	87,98
	HGM560	96,23	96,23	96,23	96,23	96,23	0,00	40,00	40,00	40,00	43,68	87,98
	FGLD480	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,00	56,49	97,42	83,54	99,25	87,99
0,5	SFGLD560	0,00	79,53	79,53	79,53	0,00	79,53	87,75	40,00	83,54	99,25	87,98
	HGM560	53,52	0,00	0,00	0,00	71,91	0,00	0,00	40,00	40,00	43,68	87,98
	FGLD480	100,0	79,53	79,53	79,53	71,91	79,53	87,76	97,42	83,54	99,25	87,99
0,6	SFGLD560	78,00	92,32	92,32	92,32	0,00	92,32	92,32	0,00	83,54	99,25	87,98
	HGM560	78,00	0,00	0,00	0,00	77,64	0,00	0,00	93,95	40,00	43,68	87,98
	FGLD480	0,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,95	83,54	99,25	87,99
0,7	SFGLD560	80,78	80,78	100,0	100,0	80,78	100,0	80,78	80,78	97,58	99,25	87,98
	HGM560	100,0	100,0	83,82	83,82	100,0	83,82	100,0	100,0	97,57	43,68	87,98
	FGLD480	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	99,25	87,99
0,8	SFGLD560	76,43	76,43	76,43	76,43	76,43	76,43	76,43	76,43	76,43	99,25	87,98
	HGM560	76,43	76,43	76,43	76,43	76,43	76,43	76,43	76,43	76,43	43,68	87,98
	FGLD480	76,43	76,43	76,43	76,43	76,43	76,43	76,43	76,43	76,43	99,25	87,99
0,9	SFGLD560	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	87,98
	HGM560	65,22	65,22	65,22	65,22	65,22	65,22	65,22	65,22	65,22	65,22	87,98
	FGLD480	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	87,99
1	SFGLD560	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	HGM560	89,68	89,68	89,68	89,68	89,68	89,68	89,68	89,68	89,68	89,68	89,68
	FGLD480	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Кроме того, для эффективного совместного функционирования всей энергосистемы из подбранных установок расчётным методом были определены оптимальные режимы их функционирования и управления для любых энергетических потребностей. До достижения нагрузки на систему энергетического снабжения 26–27% (первая треть нагрузочных графиков) все потребности покрываются исключительно за счёт установки FGLD480. При дальнейшем увеличении нагрузки до 40–41% установка FGLD480 выключается и запускается установка HGM560. Дальнейшее повышение нагрузки до 62% требует совместной работы FGLD480 и SFGLD560, причём как видно из графика

регулирование в этом диапазоне осуществляется за счёт FGLD480. Последующее возрастание нагрузки на энергосистему до 75% вызывает необходимость включения на параллельную работу HGM560 и SFGLD560. В диапазоне от 75–100% нагрузки должны работать все три энергетические установки FGLD480, HGM560 и SFGLD560 совместно.

При этом учитывались технические особенности функционирования установок. Так, например, отсутствуют режимы установок с нагрузкой менее 40% (требования производителя).

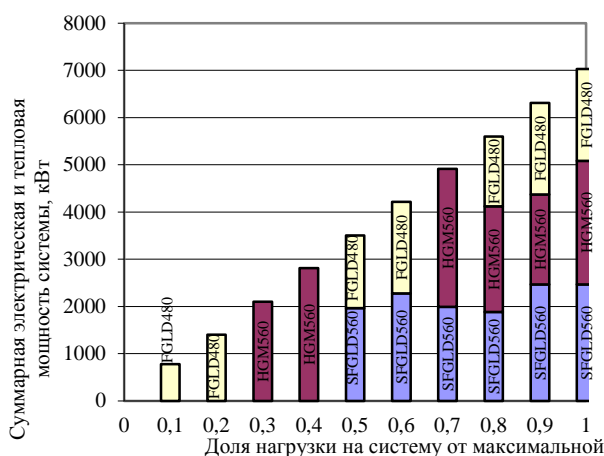


Рисунок 9 – Обеспечение выбранными установками различных энергетических потребностей предприятия ООО «Бекон» при постоянном соотношении электроэнергия/теплота

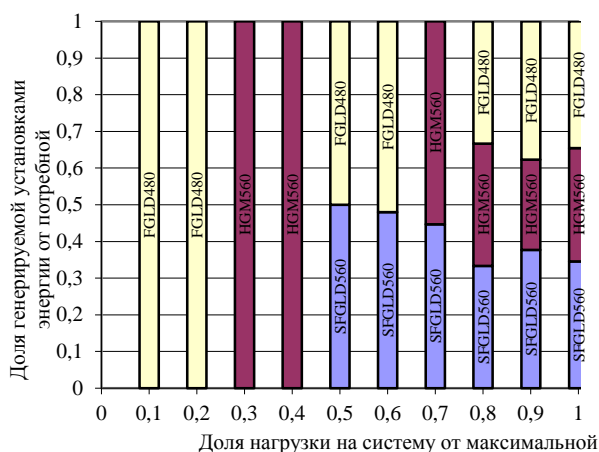


Рисунок 10 – Загрузка энергетических установок при обеспечении различных энергетических потребностей предприятия ООО «Бекон» при постоянном соотношении электроэнергия/теплота

### Литература

- Агапов Д.С. Суммарный КПД тепловой энергетической установки. / Д. С. Агапов // Сборник научных трудов научно-технической конференции по теме: «Улучшение эксплуатационных показателей автомобилей, тракторов и двигателей». – СПб.: Изд-во СПбГАУ. – 2011. – С. 252–255.
- Агапов Д.С. КПД комбинированной тепловой энергетической установки. / Д. С. Агапов // Сборник научных трудов научно-технической конференции по теме: «Улучшение эксплуатационных показателей автомобилей, тракторов и двигателей». – СПб.: Изд-во СПбГАУ. – 2010. – С. 223–225.
- Агапов Д.С. Определение КПД составной тепловой энергетической установки. / Д. С. Агапов // Сборник научных трудов международной научно-технической конференции института технических систем, сервиса и энергетики по теме: «Улучшение эксплуатационных показателей автомобилей, тракторов и двигателей». – СПб.: Изд-во СПбПУ. – 2014. – С. 181–183.
- Лепеш Г.В. Критерии оптимальности объединения машин и агрегатов в системы. / В.А. Богатырев, С.В. Богатырев, Г.В. Лепеш // Технико-

- технологические проблемы сервиса. – 2009. – № 8. – С. 30–34.
- Агапов Д.С. Разработка способа подвода теплоты для получения максимальной работы при температурно-динамических ограничениях. / Д. С. Агапов // Сборник научных трудов научно-технической конференции по теме: «Улучшение эксплуатационных показателей автомобилей, тракторов и двигателей». – СПб.: Изд-во СПбГАУ. – 2009. – С. 250–251.
- Агапов Д.С. Моделирование процессов предпусковой тепловой подготовки дизелей с использованием аккумулированной энергии. / Д. С. Агапов, А.П. Картошкин // Журнал Известия Международной академии аграрного образования – СПб.: Изд-во СПбГАУ. – 2013. – №19. – С. 45–48.
- Куколев М. И. Модели тепловых процессов в накопителях энергии для обоснования проектных решений: дисс. докт. техн. наук : 05.14.04 / С.-Петербург. политехн. ун-т Санкт-Петербург. – 2006. – 280 с.
- Бекман Г. Тепловое аккумулирование энергии / Г. Бекман, П. Гилли; пер. с англ. В.Я. Сидоров, Е.В. Сидоров; под ред. В.М. Бродянского. – М.: Мир. – 1987.
- Агапов Д.С. Результаты экспериментальных исследований системы предпусковой подготовки бензиновых двигателей с тепловым аккумулятором фазового перехода. / Д. С. Агапов, И.А. Косенков, А.П. Картошкин // Сборник научных трудов научно-технической конференции по теме: «Улучшение эксплуатационных показателей автомобилей, тракторов и двигателей». – СПб.: Изд-во СПбГАУ. – 2010. – С. 302–310.
- Агапов Д. С. Расчет потребности предприятия в энергетическом оборудовании. / Д. С. Агапов, А.П. Картошкин // Журнал Сельский механизатор. – 2015. – №5. С. 26–27, 31.
- Агапов Д. С. Оптимальные режимы работы газопоршневых установок. / Д. С. Агапов, А.П. Картошкин // Журнал Сельский механизатор. – 2015. – №5. – С. 32–33.
- Рубинштейн Я.М., Щепетильников М.И. Расчет влияния изменений в тепловой схеме на экономичность электростанций. / Я.М. Рубинштейн, М.И. Щепетильников. – М.: Энергия. – 1969. – 224 с.
- Рубинштейн Я.М., Щепетильников М.И. Исследование реальных тепловых схем ТЭС и АЭС. / Я.М. Рубинштейн, М.И. Щепетильников. – М.: Энергоиздат. – 1982. – 272 с.
- Готовский М.А. Сулов В.А. Тепломассообмен в технологических установках ЦБП. / М.А. Готовский, В.А.Сулов. – СПб. – 2011. – 123 с.
- Сапожников С.З. Теплотрия в цилиндре двигателя внутреннего сгорания с использованием градиентных датчиков теплового потока. // Известия вузов и энергетич. объединений СНГ. / Сапожников С.З., Митяков В.Ю., Митяков А.В. Известия Российской академии наук. Энергетика. – 1997. – № 9-10. С. 53.
- Alkidas AC. The application of availability and energy balances to a diesel engine. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. – 1998. – №110(3), pp. 462–469.
- Агапов Д.С. Эксергетическая функция теплоты и термический КПД энергоустановок при переменной температуре. / Д. С. Агапов // Известия СПбГАУ – 2011. – №24. – С. 322–325.



УДК 656.11

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ВЫЯВЛЕНИЮ И СОКРАЩЕНИЮ ОПАСНЫХ УЧАСТКОВ КОНЦЕНТРАЦИИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Ю.Г. Лазарев<sup>1</sup>, Е.Е. Медрес<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Санкт-Петербургский государственный экономический университет (СПбГЭУ),  
191023, Санкт-Петербург, ул. Садовая, 21*

<sup>2</sup>*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет  
(СПбГАСУ), 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4.*

В статье рассмотрена проблема сокращения основных показателей аварийности на примере Ленинградской области. Представлены и проанализированы данные о тяжести последствий и причинах ДТП и сделаны выводы по основным видам ДТП на конкретной территории. Анализ результатов аудита позволил учесть дополнительные параметры, оказывающие влияние на число дорожно-транспортных происшествий в которых пострадали водители транспортных средств.

*Ключевые слова:* показатели аварийности, опасные участки концентрации дорожно-транспортных происшествий.

## PROPOSALS TO IDENTIFY AND REDUCE AREAS OF CONCENTRATION OF DANGEROUS ROAD ACCIDENTS

Y.G. Lazarev, C.E. Medres

*Saint Petersburg State University of Economics (SPbGEU),  
191023, St. Petersburg, st. Sadovaja, 21;*

*Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU),  
190005, Saint Petersburg, 2 Krasnoarmeiskaya str., 4.*

The article considers the problem of reduction of the main indicators of accidents on the example of Leningrad region. Presents and analyzes data on the severity of the consequences and the causes of accidents and conclusions on the main types of accidents in a particular area. Analysis of audit results has allowed considering additional parameters that affect the number of accidents, which injured the drivers of the vehicles.

*Key words:* rates of accidents, dangerous areas of concentration of road accidents.

### Введение

Широкий спектр причин и условий возникновения ДТП предполагает проведение постоянной работы по выявлению и принятию мер по их устранению. Конструктивная неординарность различных участков транспортной инфраструктуры, их элементов и подсистем, могут вызвать сотни мелких отдельных сбоев и тысячи их комбинаций [1,2]. В совокупности цель работы заключается в оценке общего состояния аварийности и тенденций ее изменения на основе изучения и устранения причин до-

рожно-транспортных происшествий и выявлении участков концентрации ДТП.

Указанные обстоятельства свидетельствуют о том, что проблема выявления и сокращения опасных участков концентрации дорожно-транспортных происшествий имеет огромное значение, проявляющееся в возможности снижения социально-экономического ущерба от ДТП [3]. При более детальном изучении вопроса становится ясным, что необходимо обеспечить достоверность и оперативность получения данных о ДТП, своевременное обобщение и анализ сведений о ДТП [4].

<sup>1</sup>*Лазарев Юрий Георгиевич – кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры Автосервис СПбГЭУ, тел.: +7 (812) 758-44-29; e-mail: lazarev-yurij@yandex.ru*

<sup>2</sup>*Медрес Екатерина Евгеньевна, – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры Транспортные системы СПбГАСУ, тел.: +7 911 217 37 81; e-mail: k.medres@yandex.ru*



В связи с этим следует признать существование проблемы выявления участков концентрации ДТП, изучения условий и причин возникновения участков концентрации ДТП, а также отдельных ДТП, в местах совершения которых выявлены недостатки транспортно-эксплуатационного состояния УДС. А также назначения мероприятий по ликвидации участков концентрации ДТП и профилактике возникновения ДТП из-за недостатков транспортно-эксплуатационного состояния УДС и сознательно обратиться к концептуальным основам анализа, оценки и определения мер по разработке предложений по выявлению и сокращению опасных участков концентрации дорожно-транспортных происшествий как фактора увеличения безопасности дорожного движения.

Показательно, что рассматриваемой проблеме в целом уже достаточно давно и широко уделяется пристальное внимание [5,6,7], что позволило провести аудит безопасности автомобильных дорог общего пользования регионального значения и выявление опасных участков концентрации дорожно-транспортных происшествий на дорогах Ленинградской области.

#### Основная часть

Для целей нашего исследования важна опора на подтвержденную информацию. Такие данные можно привести с опорой на анализ состояния аварийности на дорогах Ленинградской области за 1 полугодие 2015 года, который показал, что за исследуемый период наблюдалось сокращение основных показателей аварийности в сравнении с аналогичным периодом предыдущего года. Так, за рассматриваемый период количество ДТП снизилось на 14,5% (1463). Наибольшее число ДТП произошло на территории Всеволожского 249 (-7,4%), Ломоносовского 147 (-5,8%), Гатчинского 183 (-11,2%) районов. В 17 из 18 районов наблюдается сокращение количества ДТП. Рост числа ДТП наблюдается в Сланцевском районе 14 (+40%).

Смертность в результате дорожно-транспортных происшествий сократилась на 5,6% (287). Вместе с тем, наибольшее количество погибших участников дорожного движения отмечается во Всеволожском 48 (+45,5%), Гатчинском 36 (+33,3%). Наибольший прирост числа погибших зафиксирован в Волосовском 16 (+77,8%), Всеволожском 48 (+45,5%), Сланцевском 3 (+300%) районах.

Число участников дорожного движения, получивших ранения различной степени тяжести, сократилось на 17,8% (1959). Наибольшее число раненных участников дорожного движения отмечается во Всеволожском 315 (-13,5%), Выборгском 222 (+4,2%), Гатчинском 224 (-20%) районах. Наибольший рост числа раненных зарегистрирован в Выборгском 222 (+4,2%) и Киришском 87 (+3,6%) районах. Тяжесть последствий возросла на 13,3% (+1,5%). Наибольшая тяжесть последствий отмечается на территории Волосовского (20,8) и Приозерского (18,1) районов.

Опора на данные аудита безопасности автомобильных дорог позволяет утверждать, что за исследуемый период сократилось число дорожно-транспортных происшествий, в которых пострадали водители транспортных средств: зарегистрировано 842 (-14,7%) ДТП, в которых погибло 137 (+0,7%) и получило ранения 813 (-16,8%) водителей.

Аварийность на территории области по-прежнему обусловлена значительным количеством происшествий, произошедших из-за нарушений ПДД водителями, число которых снизилось и составляет 92,3% от общего числа ДТП 1351 (-230), при этом погибло 267 (-1,5%) и получило ранения 1859 (-18,1%) человек.

Основными видами ДТП на территории Ленинградской области являются (рис.1).

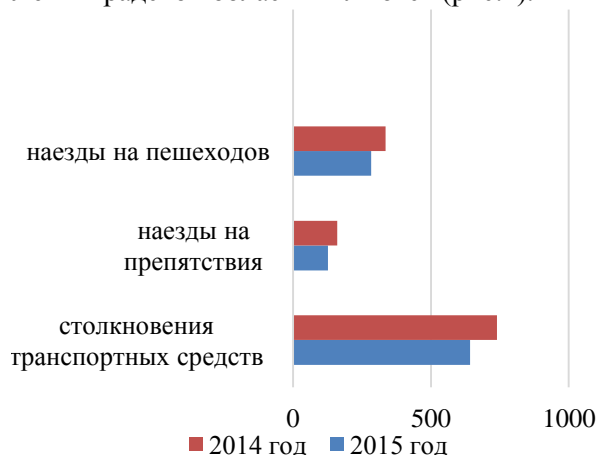


Рисунок 1 – Основные виды ДТП

Наибольшее количество таких ДТП зафиксировано во Всеволожском 218 (-11%), Гатчинском 169 (-12%), Ломоносовском 144 (-2%) районах. Наибольший рост числа дорожно-транспортных происшествий по вине водителей зарегистрирован в Сланцевском 13 (+30%) районах.

В текущем году отмечено сокращение количества происшествий, совершенных води-

телями в состоянии опьянения (92 (-6;-6,1%)), при этом погибло 17 (+6; +54,5%) и получило ранения 116 (-24; -17,1%) человек. Также сократилось число ДТП с участием водителей, отказавшихся от прохождения медицинского освидетельствования (33 (-6;-15,; %)), возросла смертность в результате таких происшествий (6 (+6)), однако количество пострадавших снизилось (34 (-24; -41,4%)).

При этом основными причинами ДТП по вине водителей являются нарушения ими следующих правил дорожного движения (рис.2).

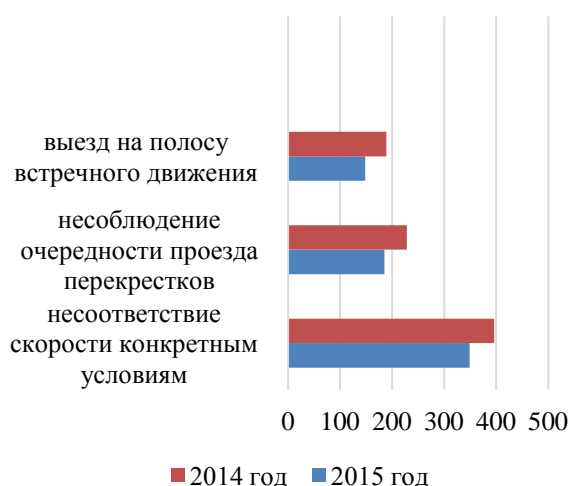


Рисунок 2 – Причины ДТП по вине водителей

Аналогичным образом можно утверждать, что число ДТП с пострадавшими пассажирами также сократилось: зарегистрировано 602 (-19,8%) ДТП, в результате которых погибло 89 (-11%) и получило ранения 849 (-19,4%) человек.

Анализ показывает, что в текущем году количество наездов на пешеходов сократилось на 15,8% (283), число погибших – на 11,7% (53), раненых – на 17,3% (197). Удельный вес в общей массе ДТП составил 19,3%. Наибольшее количество данных ДТП наблюдается Всеволожском 51 (-23,9%), Гатчинском 47 (-9,6%) и Тосненском 34(+36%) районах. При этом значительный рост зафиксирован в Киришском 12 (+33,3%) и Тосненском 34 (+36%) районах.

На 30,9% снизилось количество наездов на пешеходов на пешеходных переходах – 65 происшествий, при этом возросло количество погибших 9 (+12,5%), а число раненных сократилось 60 (-35,5%). Больше всего совершено наездов на пешеходов на пешеходных переходах во Всеволожском 10 (-28,6%), Гатчинском 12 (-25%), Киришском 6 (+100%) и Тосненском

11 (+83,3%) районах. Наибольшая смертность в результате таких происшествий зафиксирована в Тосненском 2 (+200%) районе. Наибольший прирост пострадавших зафиксирован в Тосненском 10 (+66,7%) районе.

В целом, в текущем году отмечается снижение на 6,7% (126) числа ДТП из-за нарушений ПДД пешеходами. Наибольшее количество отмечено во Всеволожском 33 (+32%), Тосненском 13(+8,3%) и Гатчинском 18 (0%) районах. Значительное увеличение данного показателя зафиксировано во Всеволожском 33 (+32%) районе.

Основные нарушения ПДД пешеходами – переход проезжей части в неустановленном месте 79 (+23,4%) и неожиданный выход на проезжую часть из-за транспортного средства и т.п. 10 (-16,7%).

Кроме того, опираясь на проводимые исследования можно проанализировать состояние детского дорожно-транспортного травматизма. Так в текущем году на территории Ленинградской области отмечается снижение на 22,6% (144) числа дорожно-транспортных происшествий с участием детей, что составляет 9,8% от общего количества ДТП. При этом погибло 16 (+23,1%) детей и 149 (-27%) детей получили ранения различной степени тяжести. Наибольшее количество ДТП с участием детей зарегистрировано на территории Гатчинского 16(-46,7%), Всеволожского 22 (-18,5%), Волховского 14 (+55,6%) районов области. Значительный рост данной категории происшествий произошел на территории Волховского 14 (+55,6%) и Кировского 8 (+60%) районов.

Наибольшее число пострадавших детей-участников дорожного движения зарегистрировано на территории Гатчинского 15 (-55,9%), Всеволожского 26 (-16,1%), Волховского 14 (+75%), районов области. Значительный рост числа детей, получивших ранения отмечается в Волховском 14 (+75%), Кировском 8 (+60%) районах. Погибли дети в Бокситогорском 2 (+100%), Волосовском 1 (+100%), Всеволожском 1(0%), Выборгском 1 (-50%), Гатчинском 1 (-50%), Киришском 1(+100%), Лодейнопольском 1 (+100%), Ломоносовском 2 (+50%), Лужском 3 (+100%), Приозерском 1 (-50%) и Тихвинском 2 (0%) районах области.

Следует отметить сокращение количества пострадавших детей-пешеходов 42 (-8,7%), детей-пассажиров 92 (-32,4%) и детей-велосипедистов 11 (-26,7%). Возросло количество погибших в результате ДТП детей-

пассажиров 12 (+33,3). Количество погибших детей-велосипедистов осталось на уровне аналогичного периода прошлого года 1 (0%).

На основании данного аудита можно четко определить, что транспортно-эксплуатационные характеристики асфальтобетонных покрытий претерпевают в течение срока службы существенные изменения, что приводит к ДТП, совершению которых сопутствует неудовлетворительное состояние дорог и улиц. Также возможно констатировать, что наблюдается снижение ДТП, причиной которых послужило неудовлетворительные состояние улиц и дорог, удельный вес таких происшествий составил 26,2 % (рис.3).

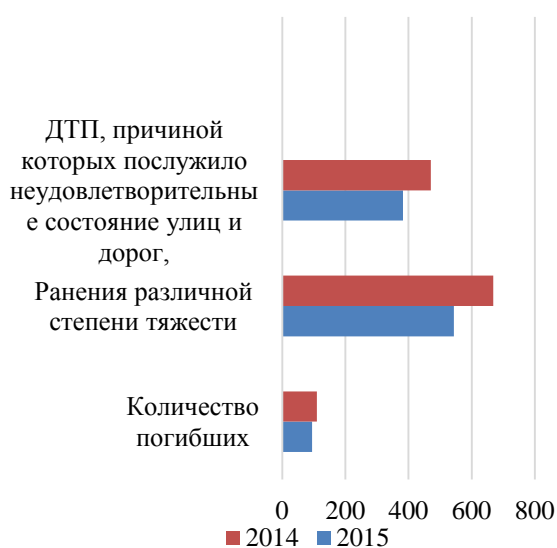


Рисунок 3 – Происшествия по причине неудовлетворительного состояния улиц и дорог

Наибольшее количество таких ДТП зарегистрировано в Волховском 43 (-23,2%), Всеволожском 40 (+5,3%) и Гатчинском 87 (+38,1%) районах. Значительный рост наблюдается в Гатчинском 58 (+28,9%) районе.

Кроме того за 6 месяцев 2015 года из-за эксплуатации технически неисправных транспортных средств произошло 1 (-2; -66,7%) дорожно-транспортное происшествие. [8, 9, 10].

Таким образом, основными видами ДТП на территории Ленинградской области являются: столкновения транспортных средств; наезды на препятствия; наезды на пешеходов. Основными причинами ДТП по вине водителей являются нарушения ими следующих правил дорожного движения: несоответствие скорости конкретным условиям; несоблюдение очередности проезда перекрестков; выезд на полосу встречного движения.

В процессе эксплуатации необходимо проводить постоянный анализ ДТП, причиной

которых послужило неудовлетворительные состояние улиц и дорог [8].

Проведенный мониторинг на основе теоретического анализа позволяет разработать предложения по выявлению и сокращению опасных участков концентрации дорожно-транспортных происшествий:

1. Особенно важно исключить столкновения транспортных средств. В этом смысле наибольшее влияние на аварийность оказывает интенсивность движения. На дорогах с высокой интенсивностью движения необходимо наладить систему предварительных исследований, в том числе нанесение на схему автомобильной дороги ДТП, зафиксированных ГИБДД, а также выделение на этой схеме участков, отличающихся повышенной аварийностью [9]. Кроме того, особое внимание необходимо обратить на участки с неблагоприятными условиями видимости, вызванными неправильной застройкой, зелеными насаждениями, размещением киосков, рекламных щитов, расположением заборов вдоль проезжей части и др. Некоторые места концентрации ДТП могут быть образованы комбинацией элементов, каждый из которых в отдельности удовлетворяет СНиПу или ГОСТу [10, 11];

2. Необходимо предусматривать мероприятия по исключению возможности наездов на препятствия, что особенно проявляется при низкой пропускной способности улично-дорожной сети, когда повышается плотность движения, что приводит к заторам, особенно в часы ПИК. Вероятность возникновения ДТП в такой ситуации очень велика;

3. Крайне исключительную роль играют мероприятия по невозможности наезда на пешеходов в том числе и на основе увеличения коэффициента сцепления и ширины проезжей части, а также соответствующего обустройства зон тяготения пешеходов и автотранспортных средств, включая остановки общественного транспорта, перекрестки и пр.;

4. Создание условий для невозможности превышения скорости движения автомобилей, возможно на основе оборудования таких участков камерами видеонаблюдения;

5. Оборудование перекрестков и пешеходных переходов современными средствами организации движения для исключения возможности несоблюдения очередности проезда перекрестков. Например, оптимизация режимов работы светофорных объектов с учетом интенсивности движения автомобилей на регулируемых перекрестках. Расчёты режимов работы светофоров по фактической интенсивности движения показали, что они не адаптированы к

реальному транспортному потоку, проходящему через перекрестки Ленинградской области сегодня;

6. Очень важно исключить возможность выезда на полосу встречного движения, например, через оборудование мест концентрации ДТП современными ограждениями.

Среди показателей в системе факторов (водитель, автомобиль, дорога, среда), влияющих на безопасность дорожного движения одним из самых основных, по фактору дорога, по-прежнему остается чрезвычайно низкая пропускная способность улиц и дорог, приводящая к снижению уровня удобства движения. Это заставляет совершать ошибки и нарушения ПДД водителями (фактор «водитель»). При этом влияют и весогабаритные параметры АТС (фактор «автомобиль») и состояние окружающей среды (фактор «среда»). Важно иметь возможность управления этим показателем.

### Заключение

Новизна изложенного подхода состоит в применении реальных данных и данных перспективного анализа об аварийности на дорогах Ленинградской области за 1 полугодие 2015 года при оценке состояния дорог и улиц, приводящих к ДТП, о состоянии детского дорожно-транспортного травматизма, о нарушении правил дорожного движения водителями и пешеходами как факторов безопасности дорожного движения, что позволило разработать предложения по снижению количества ДТП, совершению которых сопутствует неудовлетворительное состояние дорог и улиц.

На основе аудита дорожной безопасности автомобильных дорог общего пользования регионального значения, выявления опасных участков концентрации ДТП и разработки мероприятий по их сокращению можно предложить выводы о том, что в настоящее время по-прежнему недостаточно финансируются мероприятия по повышению безопасности дорожного движения, что способствует недостаточному уровню содержания автомобильных дорог и улиц; несоответствию параметров геометрических элементов трассы состоянию покрытия и придорожной обстановке, способствующее значительному превышению безопасной скорости движения, а также наличию не устранённых в установленные сроки дефектов эксплуатационного состояния покрытия проезжей части и обочин, технических средств организации до-

рожного движения и инженерного оборудования автомобильных дорог и городских улиц.

### Литература

1. Лазарев Ю.Г. Транспортная инфраструктура (Автомобильные дороги). Монография – LAP LAMBERT, Германия: 2015. 173 с.
2. Сильянов В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц. М.: ИЦ «Академия», 2009. 352 с.
3. Солодкий А.И. Проектирование экономически эффективной улично- дорожной сети городов. Вестник. Зодчий 21 век. №1 (46).2013. С.78-81.
4. Евтюков С.А., Сравнение методов определения скорости движения транспортных средств при экспертизе ДТП / С.А. Евтюков, Е.В. Тюлькин /Автотранспортное предприятие. № 4. 2015. С. 16-19.
5. Лазарев Ю.Г. Формирование потребительских и эксплуатационных свойств автомобильных дорог / Ю.Г.Лазарев, Д.Л. Симонов, А.Н. Новик/ Технико - технологические проблемы сервиса. 2016. № 1(35). С. 43-47.
6. Лазарев Ю.Г. Тенденции развития сервиса «Ассистанс» на автомобильных дорогах северо- западного региона / Ю.Г. Лазарев, Ю.А. Григорьева// Технико - технологические проблемы сервиса. 2014. № 2 (28).С. 87-90.
7. Евтюков С.А., Структура и требования к системе автоматического уведомления о ДТП для задач реконструкции механизма ДТП/ С.А. Евтюков, Я.В. Васильев, И.С. Брылев /Вестник гражданских инженеров. № 1 (48). 2015. С. 187-193.
8. Рустенбек С.Д. Формирование базы данных для тестирования дорожных одежд/ С.Д. Рустенбек, Д.Ю. Кириллова, Ю.Г. Лазарев// Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 2-2.С. 68- 72.
9. Ермошин Н.А. Моделирование условий неопределенности функционирования и развития транспортно- логистических систем в целях обеспечения их экономической безопасности / Н.А. Ермошин, Н.И. Болгаров // Строительные и дорожные машины. - СПб.: 2014.- № 6 - с. 30-35.
10. Лазарев Ю.Г., Формирование методики оценки точности (надежности) проектирования дорожных одежд нежесткого типа. / Ю.Г. Лазарев, П.А. Петухов, М.В. Широких/ Вестник гражданских инженеров. 2016. № 2 (55). С. 38-47.
11. Шаталова, Н.В. Иерархический метод выбора рационального варианта реконструкции автомобильных дорог вблизи населенных пунктов/Н.В. Шаталова // Интернет- журнал Науковедение. 2014. № 2 (21). С.148.

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫЕЗДНЫХ НАЛОГОВЫХ ПРОВЕРОК**З.П. Кузнецова<sup>1</sup>, Т.А. Бархатова<sup>2</sup>*Санкт-Петербургский государственный экономический университет (СПбГЭУ),  
191023, Санкт-Петербург, ул. Садовая, 21*

В статье рассматриваются современные проблемы эффективности выездных налоговых проверок. Выполнен анализ за 2013 ÷ 2015г.г. результатов выездных налоговых проверок в целом по России и Межрайонной инспекцией Федеральной налоговой службы (Межрайонная ИФНС) №15 по Санкт-Петербургу с участием и без органов внутренних дел, рассмотрены некоторые пути совершенствования взаимодействия налогоплательщиков и налоговых органов по результатам налогового контроля в РФ.

*Ключевые слова:* налоговый контроль, органы внутренних дел, выездная налоговая проверка, эффективность выездной налоговой проверки, доначисления по результатам выездной налоговой проверки.

**ANALYSIS OF EFFICIENCY OF ON SITE TAX INSPECTIONS**Z.P. Kuznetsova, T.A. Barhatova,  
*Saint-Petersburg State University of Economics (SPbGEU),  
191023 Saint Petersburg, st. Sadovaya, 21*

This article discusses the current challenges the effectiveness of leadthrough of on site tax inspections. The analysis for the 2013÷2015. the results of the on site tax inspections in Russia and Interdistrict Inspectorate of the federal tax service (Interdistrict IFTS) No15 in Saint-Petersburg with and without internal affairs agencies, discusses some of the ways to improve interaction between taxpayers and tax authorities according to the results of the tax audit.

*Keywords:* tax audits, internal affairs bodies, the on-site tax inspection, the efficiency of on-site tax inspection, imposing on results of on-site tax inspection.

Одной из важнейших функций Федеральной налоговой службы России (далее – ФНС России) является осуществление функции по контролю и надзору за соблюдением налогового законодательства Российской Федерации, а также контролем за проведением налоговых проверок [1].

ФНС России одной из своих задач ставит организацию эффективной системы контроля в общем налоговом контроле страны. Налоговое законодательство России предусматривает различные формы налогового контроля. Исследования показывают, что наиболее эффективной формой налогового контроля являются выездные налоговые проверки, что подтверждается показателями, характеризующими деятельность налоговых органов любого субъекта РФ и налоговой службы в целом.

В 2007 году для создания единой системы планирования выездных налоговых проверок приказом ФНС России от 30.05.2007 N MM-3-06/333@ "Об утверждении Концепции системы планирования выездных налоговых проверок" (далее Концепция) были утвержде-

ны критерии, по которым налогоплательщик автоматически подвергается выездной налоговой проверке [2]. Предполагалось, что знание установленных критериев для выездной налоговой проверки налогоплательщиками будет стимулировать их к выходу из теневой экономики, что приведет к повышению поступлений в бюджет в виде налоговых платежей. Обоснованность планирования выездных налоговых проверок обусловлена следующими критериями их эффективности (табл.1).

Учет всех вышеперечисленных критериев при планировании выездных налоговых проверок в значительной степени повышает их эффективность. Формирование эффективной системы проведения выездных налоговых проверок необходимо в современной налоговой системе России и преследует основные цели:

- недопущение снижения налоговых поступлений в бюджеты Бюджетной системы РФ;
- снижение и предотвращение налоговых правонарушений налогоплательщиками;

<sup>1</sup>Кузнецова Зента Петровна – кандидат экономических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный экономический университет; профессор кафедры Уголовного права и Уголовного процесса, тел.: +7 921 9367398, e-mail: zenta-k@yandex.ru;

<sup>2</sup>Бархатова Тамара Анатольевна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры Уголовного права и Уголовного процесса, тел.: +7 911 9763762, e-mail: tbarhatova50@mail.ru

Таблица 1 – Основные критерии для назначения выездной налоговой проверки

№пп.	Наименование критерия	Обоснование критерия
1	Налоговая нагрузка у налогоплательщика	Уровень налоговой нагрузки ниже среднего значения по отрасли или виду экономической деятельности, что может означать занижение налоговой базы.
2.	Наличие убытков на протяжении двух и более налоговых периодов	Подобное явление означает, что налогоплательщик при таком положении, продолжая осуществлять бизнес, может сознательно занижать доходы или завышать расходы.
3	Значительные вычеты по НДС	Вычеты по НДС равны или превышают 89% от суммы начислений за период 12 месяцев.
4.	Темп роста расходов опережает темп роста доходов	Сознательно занижаются доходы и завышаются расходы.
5.	Низкая средняя заработная плата	Средняя заработная плата ниже среднего уровня по отрасли или виду экономической деятельности, что означает возможность выплаты части зарплаты «в конвертах».
6.	Сознательный уход от перехода на традиционный режим налогообложения	По результатам нескольких налоговых периодов наблюдается критическое значение показателей, дающих право применять специальные налоговые режимы.
7.	Сумма доходов индивидуального предпринимателя максимально приближена к сумме расходов	Профессиональные налоговые вычеты по НДФЛ превышают в общей сумме 83%.
8.	Наличие цепочки контрагентов-перекупщиков	Отсутствие разумных экономических причин для заключения договоров с контрагентами. В бухгалтерском и налоговом учете отражаются операции по финансово-хозяйственным взаимоотношениям с фирмами-"однодневками" без фактической реализации товара, выполнения работ, оказания услуг подобными контрагентами.
9.	Наличие ошибок в ходе камеральной налоговой проверки	Налогоплательщик не представил пояснений по выявленным ошибкам при ведении финансово-хозяйственной деятельности без объяснения причин.
10.	«Миграция» между налоговыми инспекциями	Наличие два и более случая с момента государственной регистрации юридического лица изменения юридического адреса.
11.	Занижение уровня рентабельности	Уровень рентабельности отклоняется от уровня рентабельности для данной сферы деятельности на 10 и более процентов.
12.	Высокий уровень налогового риска	Признаки наличия высокого налогового риска: -отсутствуют личные контакты руководства при обсуждении условий поставок, а также при подписании договоров; -отсутствуют документальные подтверждения полномочий руководителя компании-контрагента, копии документа, удостоверяющего его личность; -отсутствует информация о фактическом местонахождении контрагента, а также о местонахождении складских и/или производственных и/или торговых площадей;

- формирование эффективной системы выездных налоговых проверок способно стимулировать снижение доли теневого сектора экономики России, что, в конечном итоге, позволит повысить уровень развития экономики страны в целом.

Все вышеизложенное безусловно является предпосылкой для обоснованности назначения выездной налоговой проверки. Вместе с этим было бы ошибкой судить об эффективности выездной налоговой проверки не учитывая самого процесса проверки, результата после ее окончания, а также принятие или неприятие

налогоплательщиком выводов и рекомендаций комиссии. Исходя из этого, далее рассмотрим динамику и эффективность выездных налоговых проверок по их результатам на конкретном материале.

В Российской Федерации за период с 2013 по 2015 гг. существенно увеличилось количество выездных налоговых проверок. Динамика выездных налоговых проверок в РФ за рассматриваемый период следующая: в 2015 году было проведено выездных налоговых проверок в количестве 922992 единиц, что превысило уровень проверок 2013 и 2014 гг. соответ-

ственно на 35,% и на 31,4% [3]. Надо отметить, что рост выездных налоговых проверок обусловлен не только ростом активности налоговых служб, но и ростом предпринимательской деятельности населения.

Насколько обоснованы проведенные проверки можно судить по их результатам, а именно – были ли предъявлены штрафы и суммы доначислений по результатам проверок. Результаты проверок соблюдения налогоплательщиками законодательства о налогах и сборах в целом по стране, проведенных налоговыми органами самостоятельно и с участием органов внутренних дел представлены в табл.2.

Данные, представленные в табл.2 свидетельствуют о том, что начисление налогов, выставление штрафов и начисление пени характерно для проверок как организаций, так и физических лиц. Следует пояснить, что выездные налоговые проверки физических лиц каса-

ются индивидуальных предпринимателей (далее – ИП). При этом в суммах начислений по результатам проверок отдельной строкой выделены суммы начислений, касающиеся только налогов.

По результатам всех видов выездных налоговых проверок следует отметить, что на 1 проверку приходится начислений за нарушения налогового законодательства 362,5 тыс. руб., в то же время, с участием органов внутренних дел, размер начислений на 1 выездную проверку составил 955,8 тыс. рублей. Таким образом, очевидно, что эффективность выездных налоговых проверок с участием органов внутренних дел выше в 2,6 раза. Данное обстоятельство вполне объяснимо, так как налоговые проверки с участием органов внутренних дел проводятся, как правило, в отношении налогоплательщиков грубо и неоднократно нарушающих налоговое законодательство.

Таблица 2 - Результаты проверок соблюдения законодательства о налогах и сборах, проведенных налоговыми органами в целом по стране (по состоянию на 2015 г.) [4].

Показатель	Значение показателя	
	Всего	из них по проверкам с участием органов внутренних дел
Количество выездных налоговых проверок организаций, ед.	922992	83480
Начислено по результатам выездных налоговых проверок организаций (налогов, пени и штрафные санкции), Всего тыс. руб.	312 677 396	72 285 249
в том числе налогов, тыс. руб.	231 267 918	51 787 384
Начислено по результатам выездных налоговых проверок физических лиц (налогов, пени и штрафные санкции), Всего, тыс. руб.	21 934 290	7 507 602
в том числе налогов, тыс. руб.	14 554 786	4 548 215
Итого начислено по результатам выездных налоговых проверок организаций и физических лиц, тыс. руб.	334 611 686	79 792 285
В том числе налогов, тыс. руб.	245 822 704	56 335 599
Начислено на 1 выездную проверку, тыс. руб.	362,5	955,8

Дополнительное начисление налогов по выездным проверкам организаций и физических лиц составило 334611686 тыс. руб. в том числе доначисления по результатам проверок организаций составили 312 677 396 тыс. руб. или 91,8%. Дополнительные начисления налогов организациям и физическим лицам по результатам выездных проверок составили

307 325 719 тыс. руб. или 73,5% от суммы доначислений по всем видам нарушений. Дополнительное начисление сумм налогов как по результатам проверок организаций и физических лиц, так и по результатам выездных проверок занимают лидирующее положение, что означает, что основные нарушения, выявленные при

проверках в основном касаются неуплаты или недоплаты налогов.

Таким образом, исходя из представленных данных по выездным налоговым проверкам организаций и физических лиц, можно сделать вывод, все проверки результативны. Однако с этим нельзя согласиться в полной мере, так как официальная статистика не приводит данных о предприятиях и физических лицах, по которым не выявлены нарушения по уплате налогов. В то же время не секрет, что в налоговых органах существует негласная установка, что по результатам проверки в обязательном порядке должны быть установлены нарушения налогового законодательства.

Результативность выездных налоговых проверок в целом по стране не может быть в полной мере распространена на регионы или отдельные районы.

В рамках мониторинга результатов выездных налоговых проверок представлена практика Межрегиональной ИФНС №15 по г. Санкт-Петербургу.

Современные налоговые органы России, в частности, Межрегиональная ИФНС №15 России по г. Санкт-Петербургу, ориентированы на формирование эффективной системы камерального и выездного налогового контроля.

Динамика выездных налоговых проверок Межрегиональной ИФНС №15 России по г. Санкт-Петербургу следующая [5]. В 2015 году

было проведено выездных налоговых проверок Межрегиональной ИФНС №15 России по г. Санкт-Петербургу в количестве 1660 единиц, в 2013 и 2014 гг. соответственно 1503 и 1582 единиц. Таким образом, представленные данные показывают положительную динамику выездных налоговых проверок. В 2015 году рост числа выездных проверок в сравнении с 2013 и 2014 гг. составил соответственно 10,4% и 4,9%. То есть в 2015 году рост числа выездных проверок замедлился более чем в 2 раза по сравнению с 2014 г. Если говорить об эффективности работы Межрегиональной ИФНС №15 России по г. Санкт-Петербургу, то можно отметить, что количество налоговых проверок, выявивших нарушения в 2015 году составило 1599 единиц или 96,3%, от общего числа выездных налоговых проверок [5]. Динамика роста числа нарушений, выявленных в результате проверок имеет следующие тенденции: в 2014 г. в сравнении с 2013 г. – 24,4%; в 2015г. в сравнении с 2014 г – 2,3%. Таким образом, рост налоговых выездных проверок, выявляющих нарушения налогового законодательства замедлился более, чем в 10 раз.

Результаты проверок соблюдения законодательства о налогах и сборах, проведенных налоговыми органами Межрегиональной ИФНС №15 России по г. Санкт-Петербургу, представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Результаты проверок соблюдения законодательства о налогах и сборах ИФНС №15 России по г. Санкт-Петербургу (по состоянию на 2015 г.) [ 5].

Показатель	Значение показателя	
	всего, в тыс. руб.	из них по проверкам, проведенным с участием органов внутренних дел
Начислено по всем видам налогов (сборов), включая пени и штрафные санкции, по результатам выездных проверок организаций	21312	5115
в том числе налогов	16276	X
Начислено по всем видам налогов (сборов), включая пени и штрафные санкции, по результатам выездных проверок физических лиц	281500	X
в том числе налогов	208349	X
Начислено по всем видам имущественных налогов (сборов), включая пени и штрафные санкции, по результатам выездных проверок	96550	21 650
Начислено по результатам выездных налоговых проверок	399 362	26 765
В том числе налогов	310 276	X
Доначислено на 1 выездную проверку	240,6	438,8
Количество выездных налоговых проверок организаций, в ед.	1660	61

Прежде всего обращает на себя внимание тот факт, что по результатам выездных проверок данной Межрегиональной ИФНС основные нарушения налогового законодательства осу-



существляются физическими лицами (ИП), о чем свидетельствуют суммы доначислений, составившие 70,5% от общей суммы. При этом дополнительно начислено налогов – 52,2%.

На основании табл.3 можно сделать вывод, что в 2015 году было проведено налоговых проверок в сумме 1660 единиц. В результате выездных налоговых проверок было сделано доначислений в сумме 240,6 тыс. руб. на 1 проверку, а с участием органов внутренних дел доначисления за нарушения налогового законодательства составили 438,8 тыс. рублей или в 1,8 раза выше. Доначисления по результатам выездных проверок организаций в общем объеме доначислений составили 76,1%. Также ведущее место в структуре доначислений по результатам проверок принадлежит доначислению налогов – 77,7%.

Таким образом, анализ результатов выездных налоговых проверок на уровне Межрегиональной ИФНС №15 России по г. Санкт-Петербургу показал, что в сравнении с аналогичными показателями в целом по стране доначисление на 1 выездную проверку ниже на 33,6%, а с участием органов внутренних дел – на 54,0%, что в свою очередь свидетельствует, что уровень нарушений налогового законодательства в данном районе Санкт-Петербурга значительно ниже, чем в целом по России.

В целом следует отметить, что тенденция по доначислениям по результатам выездных налоговых проверок на уровне Межрегиональной ИФНС №15 России по г. Санкт-Петербургу повторяет тенденцию по стране. В то же время уровень доначислений по результатам проверок значительно ниже.

Оценивая качество работы контролирующих органов нельзя не рассматривать такой показатель, как нагрузка на 1 работника контрольного отдела, которая рассчитывается как сумма доначислений на 1 работника по результатам выездных проверок.

Оценка качества работы Межрегиональной ИФНС №15 России по г. Санкт-Петербургу т была определена на основе динамики налоговой нагрузки на одного работника, в должностные обязанности которого входит проведение выездных налоговых проверок [5]. Суммы доначислений налогов, штрафов, пени по результатам проверок, выявивших налоговые нарушения в расчете на 1 сотрудника имели в 2013 – 2015 гг. положительную тенденцию, что свидетельствует об эффективности работы налоговых органов. Так в 2015 году сумма доначислений на 1 работника составила 197 тыс. руб., что превысило уровень 2013 и 2014 гг. на 75,9% и на 20,1% соответственно.

Однако, практика показывает, что суммы выписанных штрафов, пени за несвоевременную уплату налогов, а также начисленные дополнительно налоги далеко не всегда в полной мере принимаются налогоплательщиками к исполнению. Особое внимание обращает на себя оплата штрафов.

Анализ соотношения выписанных и оплаченных штрафов по результатам выездных налоговых проверок Межрегиональной ИФНС №15 России по г. Санкт-Петербургу показал тенденцию снижения неуплаты штрафов. Так за период с 2013 по 2015 гг. оплата штрафов составила: 2013 г. – 70%; 2014 г. – 82%; 2015 г. – 91%. В качестве вывода следует отметить, что современные налоговые органы России, в частности, Межрегиональная ИФНС №15 России по г. Санкт-Петербургу, ориентированы на формирование эффективной системы выездного налогового контроля. Организация эффективной системы процедуры взыскания задолженности с налогоплательщиков существенна ввиду возможного роста поступлений в бюджеты.

В настоящее время руководством страны проводится политика снижения количества проверок, в том числе налоговых. Однако это не распространяется на их качество. Обоснованность и качество налоговых проверок, особенно выездных, безусловно должно оцениваться соответствующими показателями понятными не только налоговым органам, но и налогоплательщикам. Налогоплательщик, прежде всего должен знать и понимать критерии, по которым он выбран в качестве объекта проверки. Поэтому налоговые органы должны представить налогоплательщику расчет критериев, по которым назначена выездная налоговая проверка. С другой стороны, существует необходимость оценки эффективности работы самих контролирующих органов. Важным показателем здесь выступает согласие с выявленными нарушениями самого налогоплательщика, что безусловно снизит неуплату выписанных штрафов. Вместе с этим необходимо изжить практику, что в результате каждой проверки должны быть выписаны санкции. В настоящее время руководство предприятий и индивидуальные предприниматели обладают в большинстве своем необходимыми знаниями в области налогообложения, чтобы не допускать нарушений. Поэтому вполне могут быть налоговые проверки с нулевыми штрафами. Выполненные исследования позволили установить несколько ключевых проблем, связанных с организацией и проведением налоговых проверок:

1. Несовершенство действующего налогового законодательства (например, в России продолжает иметь место уклонение от уплаты налогов юридическими лицами с использованием фирм «однодневок», несовершенство законодательства в сфере регистрации и применения контрольно-кассовой техники).

2. Отсутствие определенных инструментов налогового контроля (например, отсутствие доступа он-лайн российских налоговых органов к расчетным счетам налогоплательщиков).

3. Недостаточно эффективная информационная база (многие предприниматели совершают налоговые ошибки из-за недостаточно прозрачной информации об уплате тех или иных налогов и сборов).

В процессе организации своей деятельности проблемы налогового контроля и проведения выездных налоговых проверок прослеживаются, также, в рамках организации деятельности Межрегиональной ИФНС №15 России по г. Санкт-Петербургу. К основным проблемам при проведении выездных налоговых проверок в Межрегиональной ИФНС №15 России по г. Санкт-Петербургу можно отнести следующие:

- проблемы в цели проведения налоговой проверки и выборе налогоплательщиков – субъектов проверки (указанная проблема определена во многом недостаточной компетенцией налоговых органов Межрегиональной ИФНС);

- законодательное закрепление активного участия налоговых органов в процессе исчисления и уплаты налогов налогоплательщиками (будучи органом финансового контроля, Межрегиональная ИФНС №15 России по г. Санкт-Петербургу должна следить за соблюдением налогоплательщиками и налоговыми агентами норм налогового законодательства, не вмешиваясь при этом в процесс исчисления и уплаты налогов);

- проблемой для Межрегиональной ИФНС №15 России по г. Санкт-Петербургу является также то, что за 2015 год только 91% от установленных штрафов были оплачены налогоплательщиками (необходимо решение указанной проблемы, например, посредством проведения повторного мониторинга и уведомления).

Т.о., самая главная проблема работы налоговых органов – несовершенство налогового законодательства, которое допускает неоднозначные трактовки и не в полной мере охватывает все возникающие ситуации. Не в полной мере решены вопросы информационного и правового взаимодействия с другими государственными органами, которое осуществляется

при проведении мероприятий налогового контроля.

Именно ввиду недостатков налоговой системы и организации деятельности налоговых органов страны одним из приоритетных направлений реформирования российской экономики на сегодняшний день является реформирование сложившейся системы налогообложения.

Чтобы быть эффективной, налоговая система должна опираться на взвешенную налоговую нагрузку для субъектов хозяйствования. Налоговая нагрузка представляет собой сумму обязательств организации перед государством, которая соизмеряется в денежном эквиваленте и включает в себя все начисленные взносы в бюджет за определенный промежуток времени. Уровень налоговой нагрузки варьирует по странам. В странах с большой налоговой нагрузкой обеспечиваются более высокие социальные стандарты. Примером является Швеция (налоговая нагрузка составляет 51% ВВП), где действует тенденция снижения экономического расслоения общества. По оценкам некоторых экспертов, в России ставки по большинству налогов ниже европейских. Совокупная налоговая нагрузка в РФ исчисляется 35 %, для западных стран 45 ÷ 50 %, и это считается нормальным [6]. При сравнении стоит учитывать уровень развитости и устойчивости европейских и российской экономик, социальную защищенность граждан, уровень жизни населения, государственную поддержку предпринимательства и т. д.

Решая задачи повышения конкурентоспособности российских компаний в современных условиях импортозамещения ряда товаров и услуг, необходимо формировать у предпринимателей психологию добросовестных налогоплательщиков. С этой целью прорабатываются вопросы снижения налоговой нагрузки на бизнес. Однако борьба с уклонением от уплаты налогов в рамках действующей налоговой системы продолжается и осуществляется она в основном за счет выездных налоговых проверок. В этом смысле принципы, заложенные в Концепции, позволяют:

1. Сформировать единый подход к планированию выездных налоговых проверок.

2. Стимулировать налогоплательщиков соблюдать законодательство о налогах и сборах.

3. Повысить налоговую грамотность и дисциплину налогоплательщиков.

В качестве вывода важно отметить, что ориентированность налоговой политики на совершенствование законодательной базы явля-

ется необходимым условием перспективного развития, поскольку ситуация в экономике в последнее время существенно изменилась (можно отметить разрастание кризисных явлений в экономике, необходимость обновления и совершенствования законодательной базы ввиду устаревания старой и ввиду необходимости актуализации данных). В настоящее время совершенствование системы налогообложения и организации деятельности налоговых органов определены перспективной развитием на среднесрочный период до 2017 года.

Помимо совершенствования законодательной базы повышения эффективности налогового администрирования и контроля важно обеспечить возможность повышения эффективности организации налоговых проверок.

Для целей совершенствования системы налогового администрирования и контроля необходимо обеспечить качество работы налоговых органов страны. Важно также сказать, что кроме повышения качества работы налоговых органов в области проведения выездных налоговых проверок необходима организация эффективной системы взыскания задолженности с налогоплательщиков.

Для российской налоговой системы существует проблема несогласованности в Налоговом кодексе отдельных положений, что приводит к многочисленным налоговым спорам. Внедрение более скорой и доступной системы разрешения налоговых споров позволит повысить доверие налогоплательщиков. В качестве решения указанной проблемы можно предложить внедрить в России институт медиации для разрешения налоговых споров, внося соответствующие изменения в законодательство Российской Федерации.

Медиация является способом разрешения конфликта, при котором конфликтующие стороны преодолевают конфликт путем проведения переговоров с участием нейтрального лица - медиатора.

В заключение следует предложить также с целью совершенствования проведения выездных налоговых проверок активизировать горизонтальный мониторинг налогового контроля, который представляет собой полное раскрытие налогоплательщиком еще до подачи налоговой декларации информации о своей деятельности. Горизонтальный контроль выгоден как для налоговых органов, так и для налогоплательщиков. Первые сокращают число налоговых проверок, вторые сокращают число претензий со стороны налоговых органов и соответственно доначисления налогов и штрафных санкций.

### Литература

1. НК РФ Российской Федерации. Часть первая и Вторая / Федеральный закон РФ от 31 июля 1998 г. № 146-ФЗ (действующая редакция от 07.10.2016 г.) Официальный сайт информационно-справочной системы Консультант Плюс. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
2. Приказ ФНС России от 30.05.2007 № ММ-3-06/333 «Об утверждении концепции системы планирования выездных налоговых проверок»
3. Консолидированный бюджет Российской Федерации и бюджетов государственных внебюджетных фондов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.roskazna.ru/ispolnenie-byudzheto/konsolidirovannyj-byudzhet>
4. Результаты проверок соблюдения законодательства о налогах и сборах, проведенных налоговыми органами самостоятельно и с участием органов внутренних дел // Сводный отчет ФНС.- 2015.- декабрь. С.2-4.
5. Электронный ресурс: [http://www.reghelp.ru/ifns\\_spb\\_15.shtml](http://www.reghelp.ru/ifns_spb_15.shtml) (дата обращения 15.12.2015 г.)
6. Официальный сайт информационно-справочной системы Гарант. – Режим доступа: <http://www.garant.ru>
7. Бондарев Н. С. Оценка налоговой нагрузки в Российской Федерации [Текст] / Н. С. Бондарев // Молодой ученый. - 2015. - №1. - С. 186-188.

## МЕТОДИКА УЧЕТА РИСКОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Г.Д. Дроздов<sup>1</sup>

*Санкт-Петербургский государственный экономический университет (СПбГЭУ),  
191023, Санкт-Петербург, ул. Садовая, 21*

Финансирование в современных социально-экономических условиях строительства предприятий нефте- и газодобычи, а также переработки должно быть увязано со многими обстоятельствами, от которых зависит их эффективность. В статье рассмотрена методика учета рисков, мешающих повысить эффективность функционирования предприятий по переработке углеводородного сырья.

*Ключевые слова:* углеводородное сырье, риски, методика учета рисков.

## METHOD OF ACCOUNT OF RISKS AT BUILDING OF ENTERPRISES ON PROCESSING OF HYDROCARBON RAW MATERIAL

G.D. Drozdov

*Saint-Petersburg State University of Economics (SPbGEU),  
191023 Saint Petersburg, st. Sadovaya, 21*

Financing of building of enterprises neft- and gazodobychi and processing in modern socio-economic terms it must be tied up with many circumstances which their efficiency depends on. In this article considered method of account of risks, mixing to promote efficiency of functioning of enterprises on processing of hydrocarbon raw material.

*Keywords:* hydrocarbon raw material, risks, method of account of risks.

Основные факторы, которые влияют на эффективность строительства предприятий по переработке углеводородного сырья в современных социально-экономических условиях следующие [1 – 3]:

1) Экономические факторы – это такие факторы, которые невозможно игнорировать в силу их экономической природы. Мы имеем в виду то обстоятельство, что они не зависят от государственного строя государства.

2) Технологические факторы – это такие факторы, которые мало зависят от политической ситуации в стране по причине того, что они, в первую очередь, должны зависеть от стадии ее развития.

3) Технические факторы – это такие факторы, которые зависят, в первую очередь, от уровня внедрения результатов научно-технического прогресса во всех отраслях народного хозяйства Российской Федерации в современных социально-экономических условиях.

4) Экологические факторы – это такие факторы, которые напрямую влияют сейчас, а еще больше будут влиять в обозримом будущем на развитие предприятий по переработке углеводородного сырья.

Рассматривая влияние этих четырех групп факторов, мы хотим отметить, что они не

просто определяют эффективность строительства предприятий по переработке углеводородного сырья, но и помогают правильно разработать Концепцию развития ресурсодобывающих отраслей на перспективу.

Управление рисками при строительстве предприятий по добыче и переработке углеводородного сырья представляет собой систему, которая состоит из большого количества элементов, взаимодействующих друг с другом и с внешней средой. Характер этого взаимодействия достаточно сложен и не всегда полно и достоверно известен всем участникам системы управления. Условия внешнего окружения системы непрерывно изменяются. В каждом из ее элементов могут произойти разнообразные непредвиденные события, связанные с возможностью возникновения неблагоприятных ситуаций, которые могут привести к негативным последствиям для всех или отдельных участников. Учет данных особенностей закономерно обуславливает то, что риски являются объективными постоянно действующими факторами управленческой деятельности, поэтому их учет при строительстве объектов нефте- и газодобычи и переработки в современных социально-экономических условиях Российской Федерации чрезвычайно необходим.

<sup>1</sup>Дроздов Геннадий Дмитриевич – доктор экономических наук, профессор, СПбГЭУ, тел.: +7 921 328 63 24, e-mail: drozdov\_gd@mail.ru.

Проведенные нами исследования позволили выявить следующие виды рисков в зависимости от причин их возникновения:

1. Экономические:

1.1. Колебания рыночной конъюнктуры на сырую нефть в зависимости от политики Соединенных Штатов Америки и ряда Арабских стран (Кувейт, Объединенные Арабские Эмираты и ряд других), а также – от способности Китайской Народной Республики и Российской Федерации объединить свои усилия с целью взаимного расчета за поставку углеводородного сырья в национальных валютах.

1.2. Колебания рыночной конъюнктуры на продукты нефтепереработки по той же причине.

1.3. Колебания рыночной конъюнктуры на природный газ по той же причине.

1.4. Колебания рыночной конъюнктуры на сланцевый газ.

1.5. Инфляция.

1.6. Колебания рыночной конъюнктуры на строительные материалы.

1.7. Колебания рыночной конъюнктуры на горюче-смазочные материалы, которые напрямую зависят от цены на углеводородное сырье и продукты его переработки.

2. Технологические:

2.1. Изменения в технологии добычи нефти, которые напрямую зависят от уровня развития научно-технического прогресса в ресурсодобывающих и ресурсоперерабатывающих отраслях.

2.2. Изменения в технологии добычи газа по этой же причине.

2.3. Изменения в технологии переработки нефти по этой же причине.

2.4. Изменения в технологии сжижения газа.

3. Технические:

3.1. Уровень развития техники по добыче нефти, который зависит от размера капитальных вложений, которые Правительство Российской Федерации направляет на их развитие.

3.2. Уровень развития техники по добыче газа по этой же причине.

3.3. Уровень развития техники по переработке нефти по этой же причине.

3.4. Уровень развития техники по сжижению газа.

4. Экологические:

4.1. Вероятность разлива нефти в месте ее добычи.

4.2. Вероятность взрыва газа в месте его добычи.

Для анализа и учета рисков при строительстве новых предприятий нефте- и газодобычи и переработки в современных социально-экономических условиях необходимо:

1. Провести их классификацию. Определить коэффициенты весомости для каждой группы причин возникновения рисков ( $K_j$ ) для  $j$  причины ( $K_i$ ) входящей в  $i$  группу, т.е.  $j \in i$ .

2. Установить вероятность их возникновения для каждой  $i$  группы ( $B_i$ ) и причины ( $B_{ij}$ );

3. Выявить фактические потенциалы рисков в зависимости от учета конкретных факторов, влияющих на группы причин и причины возникновения рисков ( $P_i^\phi, P_{ji}^\phi$ ).

4. Рассчитать их интегральный показатель.

Коэффициенты весомости каждой  $i$  группы причины возникновения и  $j$  причины в  $i$  группе характеризуют степень их влияния (зависимости) на их показатели.

На основе теории квалиметрии их коэффициенты весомости должны находиться в пределах: для каждой  $i$  группы причин возникновения рисков  $0 \leq K_i \leq 1$ ; для  $j$  причины, входящей в  $i$  группу  $0 \leq K_{ji} \leq 1$ .

Исследования по определению коэффициентов весомости рисков показали, что целесообразно использовать экспертные методы на основе обобщения знаний специалистов, которые получены при экспертном опросе.

Определение коэффициентов весомости  $K_j$  и  $K_i$  проводится по следующему алгоритму:

1. Проведение экспертного опроса специалистов по специальным анкетам, которые одобрены представителями ресурсодобывающих и ресурсоперерабатывающих отраслей, а также учеными профильных институтов Академии Наук Российской Федерации.

2. Построение гистограммы распределения данных, полученных на основе анкет.

3. Установление закона распределения коэффициентов весомости с использованием полученных гистограмм распределения.

4. Расчет математического ожидания для  $i$  групп ( $MO_i$ ) и  $j$  причины ( $MO_{ji}$ ) в зависимости от выявленного закона распределения в балльном исчислении.

5. Расчет коэффициентов весомости инвестиционных рисков в относительных единицах по выражениям: для  $i$  групп причин возникновения инвестиционных рисков:

$$K_i = \frac{MO_i}{100}; \quad (1)$$

для  $j$  причины в  $i$  группе:

$$K_{ji} = \frac{MO_{ji}}{100}, \quad (2)$$

где 100 – базовая величина в баллах для оценки весомости рисков в  $i$  группе и  $j$  причины, которые входят в  $i$  группу.

При отборе экспертов кроме их компетентности, целесообразно учитывать дополнительные требования:

- интуиция, т.е. способность угадывать решения без его обоснования;
- широта мышления;
- креативность, т.е. способность решать задачи, методы решения которых полностью или частично неизвестны;
- эвристичность, т.е. способность выявлять неочевидные проблемы;
- предикативность, т.е. способность предсказывать или предчувствовать будущее решение;
- самокритичность.

С учетом этих требований компетентность  $i$ -го эксперта должна определяться коэффициентом  $K_{кмi}$ , который определяется по выражению:

$$K_{кмi} = \frac{K_{инфi} + K_{аргi}}{2}, \quad (3)$$

где:  $K_{инфi}$  – коэффициент информированности эксперта;  $K_{аргi}$  – коэффициент аргументированности эксперта.

Для определения аргументированности экспертов используются данные в зависимости от составляющих их аргументации, которыми они обладают (табл. 1).

Коэффициент информированности  $i$ -го эксперта определяется по 10 - балльной системе по выражению:

$$K_{инфi} = \frac{Z_i^ф}{10}, \quad (4)$$

где  $Z_i^ф$  – фактическая оценка информированности  $i$ -го эксперта на основе его экспертной оценки.

Компетентность  $i$ -го эксперта должна оцениваться следующим образом:

Если  $0,81 \leq K_{кмi} \leq 1,0$  – высокая;  $0,41 \leq K_{кмi} \leq 0,8$  – средняя;  $0 \leq K_{кмi} \leq 0,4$  – низкая.

На первом этапе экспертизы для определения математического ожидания коэффициентов весоности всех рисков возможно создание пяти групп по 10 экспертов в каждой, которая включает:

- руководителей ресурсодобывающих и ресурсоперерабатывающих отраслей;
- руководителей и главных специалистов нефте- и газодобывающих предприятий;
- руководителей и главных специалистов нефте- и газоперерабатывающих предприятий.

На втором этапе по результатам исследования должна быть сформирована группа из десяти экспертов.

На основе машинной обработки анкет экспертного опроса должны быть определены

коэффициенты весоности по группам причин возникновения и значимости рисков.

Результаты анкетирования и применения метода экспертных оценок целесообразно перепроверить с помощью метода Дельфи.

Таблица 1 – Коэффициенты весоности рисков в зависимости от уровня аргументированности экспертов

Источники аргументированности эксперта	Коэффициенты весоности		
	высокая	средняя	низкая
Интуиция	0,05	0,05	0,05
Теоретические знания	0,3	0,2	0,1
Практический опыт	0,5	0,4	0,2
Знание работ отечественных авторов по теме исследования	0,05	0,05	0,05
То же, зарубежных авторов	0,05	0,05	0,05
Степень изучения зарубежного опыта	0,05	0,05	0,05

Для учета рисков при разработке управленческих решений по размещению и строительству новых объектов нефте- и газодобычи переработки целесообразно использовать методы имитационного моделирования.

Нами разработана модель расчета интегрального показателя риска при размещении и строительстве предприятий нефте- и газодобычи и переработки в современных социально-экономических условиях (рис. 1).

При реализации модели в виде программы формируется база условно-постоянной информации, которая включает:

- коэффициенты весоности причин возникновения рисков;
- коэффициенты весоности значимости рисков;
- массив информации об источниках финансирования мероприятий при устранении рисков;
- массив информации по оценке вероятности возникновения рисков;
- мероприятия по устранению последствий рисков.

Структура базы данных по определению условных показателей рисков приведена в табл. 2.

На основе оценки рисков по каждой группе и базы статистических данных экспертами проводится оценка вероятности возникновения рисков по каждой причине. Если вероятность высокая, то в графах таблицы оценки

рисков проставляется 1, если средняя - 2, если низкая – 3.

Таблица 2 – Структура базы данных по определению условных показателей рисков

Группа причин возникновения рисков	Причины возникновения рисков	Качественная оценка возникновения рисков по причине	Условный показатель рисков
$i$ , где $i=1,6$	$j \in i$ , где $j=2-5$	$K_1$ – высокая $K_2$ - средняя $K_3$ - низкая	1,0 0,4 0



Рисунок 1 – Модель расчета интегрального показателя риска при размещении и строительстве предприятий нефте- и газодобычи и переработки в современных социально-экономических условиях (начало)



Рисунок 1 (продолжение)

При выборе варианта строительства нового объекта нефте и газодобычи и переработки необходимо учитывать, прежде всего, наиболее вероятные и значимые риски, актуальные в современных социально-экономических условиях.

Таким образом, использование этой методики и модели может помочь при решении вопросов о размещении и строительстве предприятий по добыче и переработке углеводородного сырья в современных социально-экономических условиях.

### Литература

- 1 Дроздов Г.Д. Зеленая экономика в современных социально-экономических условиях: монография.- СПб.: ИПРИН, 2016.- 124 с.
- 2 Drozdov, G.D., Drozdova, I.V. Peculiarities of Innovative Processes in Higher Education System in Russia under Conditions of Reforming it.- Pages: 1106-1111, DOI: 10.5829/idosi.wasj. 2013.23.08.13129.
- 3 Drozdov, Gennady D. ; Malafeyev, Oleg A. ; Nemnyugin, Sergey A. Multicomponent dynamics of competitive single-sector economy development Publication Year: 2015, Page(s):457 – 459.



## ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗВИТИЯ «ЗЕЛеной» ЭКОНОМИКИ

Г.Д. Дроздов<sup>1</sup>, И.В. Дроздова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный экономический университет (СПбГЭУ),  
191023, Санкт-Петербург, ул. Садовая, 21

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ),  
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4.

В статье рассматриваются возможности преодоления проблем развития экономики Российской Федерации в аспекте развития добычи углеводородов и разработки стратегии развития «зеленой» экономики.

*Ключевые слова:* стратегический план развития Российской Федерации, нефте- и газодобыча и переработка

### PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF ECONOMY OF RUSSIAN FEDERATION IN DEPENDENCE ON DEVELOPMENT OF «GREEN» ECONOMY

G.D. Drozdov, I.V. Drozdova

*Saint Petersburg State University of Economics (SPbGEU),  
191023, St. Petersburg, st. Sadovaja, 21;*

*Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPBGASU),  
190005, Saint Petersburg, 2 Krasnoarmeiskaya str., 4.*

The article discusses the possibility of overcoming of problems of development of economy of the Russian Federation in terms of the development of hydrocarbon production and development of strategy of development of "green" economy.

*Keywords:* strategic plan of development of Russian Federation, nefte- and gazodobycha and processing.

Проблемы развития экономики Российской Федерации в зависимости от развития «зеленой» экономики определяют направление исследований по развитию предприятий нефте- и газодобычи и переработки в современных социально-экономических условиях. Для того, чтобы определить направление дальнейших исследований, необходимо сформулировать главную цель.

Поэтому, прежде всего, попробуем мы эту цель сформулировать. Такой целью развития такой большой страны, какой является великая Россия, является ее стремительное развитие на основе последних достижений научно-технического прогресса, комплексного использования научного потенциала и колоссальных запасов углеводородного сырья, в большом количестве залегающего в недрах страны.

Эта цель может быть сформулирована иначе, но суть нашего определения никак не изменится, по той причине, что только стремительное продвижение страны вперед может изменить ситуацию, которая сложилась в настоящее время, а именно - постепенное, все возрастающее, отставание Российской Федера-

ции от передовых стран мира, таких как США, Германия, Япония и ряд других.

Поэтому, давая такое определение возможной цели развития Российской Федерации, мы имеем в виду то обстоятельство, что сегодня страна уже не может себе позволить медленное продвижение вперед, опираясь только на колоссальные запасы сырья. Дело в том, что сегодня уже ясно, что через 50 лет этого сырья, в таком количестве, не будет.

Поэтому сегодня еще можно поправить положение, но времени для этого осталось совсем немного. Для того, чтобы спрогнозировать развитие нефте- и газодобывающих и перерабатывающих отраслей, необходимо, прежде всего, оценить масштабы отставания по всем направлениям деятельности (экономическое, техническое, технологическое, социальное и ряд других) по сравнению с передовыми странами Запада.

Для этого необходимо срочно разработать Концепцию развития народного хозяйства Российской Федерации на ближайшие 50 лет. Проведенный анализ показал, что пока такой Концепции в Российской Федерации нет.

<sup>1</sup>Дроздов Геннадий Дмитриевич – доктор экономических наук, профессор, СПбГЭУ, тел.: +7 921 328 63 24, e-mail: drozdov\_gd@mail.ru.

<sup>2</sup>Дроздова Ирина Валерьевна – доктор экономических наук, профессор, СПбГАСУ, тел.: +7 921 328 63 24, e-mail: drozdov\_gd@mail.ru.

Для того, чтобы развитие нефте- и газодобывающих и перерабатывающих отраслей имело успех, необходимо увязать его с наличием финансовых ресурсов [1 – 3]. Для этого рассмотрим этот вопрос более подробно. Проведенные исследования показали, что огромные средства находятся в оффшорах. Изъять их оттуда можно только одним способом – это материально заинтересовать их владельцев таким образом, чтобы им было трудно отказаться от заманчивого предложения. Таким предложением может быть большая прибыль или, что, еще лучше, сверхприбыль. Пока же им такого предложения не сделано. Поэтому все попытки решить этот вопрос административными методами, до сих пор успеха не принесли и не принесут.

Таким образом, развитие экономики Российской Федерации в современных социально-экономических условиях напрямую будет зависеть от успеха реализации новых проектов предприятий по добыче и переработке углеводородного сырья.

Мировая экономическая система сегодня находится на грани полного краха по следующим причинам.

Во-первых, уровень развития экономики самых развитых стран мира, в первую очередь, это США, Германия, Англия, Япония, Англия, Франция, Италия подошел к своему пределу. Мы имеем в виду то обстоятельство, что наступил предел возможностей их экономического развития, исходя из имеющихся ресурсов. Только США может еще некоторое время продержаться за счет ограбления стран третьего мира, включая Российскую Федерацию.

Во-вторых, уровень развития производительных сил в развитых странах Запада сегодня на порядок ниже, чем он мог бы быть, если бы их экономика была регулируемой со стороны государства. Пока же основным законом, в соответствии с которым развивается мировая экономическая система, является закон конкурентных отношений, который завел сегодня мировую экономику в тупик, из которого не видно реального выхода.

В-третьих, сама мировая экономическая система сегодня является чрезвычайно разбалансированной по причине неоднородности ее составляющих. Мы имеем в виду неравномерное развитие развитых стран Запада в условиях кризиса мировой экономической системы.

В-четвертых, мировая экономическая система сегодня является прикрытием глобальной политики, которую проводят Соединенные Штаты Америки. Этому доказательством является тот факт, что эта страна сумела

полностью подчинить себе все страны мира, за исключением, пожалуй, только Российской Федерации и Китайской Народной Республики.

В-пятых, стремление Соединенных Штатов Америки доминировать в современном мире является фактически инструментом давления на все остальные страны. Поэтому, когда мы говорим о строительстве заводов по добыче и переработке углеводородного сырья в Российской Федерации в современных социально-экономических условиях, мы должны учитывать этот факт.

Дело в том, что такая политика Российской Федерации может чрезвычайно не понравиться Соединенным Штатам Америки, и они сделают все возможное и невозможное, чтобы замедлить планы модернизации нашей экономики, во что бы то ни стало, вопреки здравому смыслу, собственному благополучию и интересам мировой экономической системы.

В-шестых, мировая экономическая система является сегодня чрезвычайно военизированной в том смысле, что огромная часть национального дохода уходит на гонку вооружений, причем наблюдается тенденция увеличения этих законов.

В-седьмых, мировая экономическая система является сегодня чрезвычайно коррумпированной по той причине, что Соединенные Штаты Америки, которые сегодня печатают основную мировую денежную единицу – доллар, фактически управляют миром, покупая себе союзников за бумажные доллары, ничем не подкрепленные.

В-восьмых, роль Российской Федерации в мировой экономической системе чрезвычайно мала, учитывая, что на ее территории находится половина всех мировых запасов углеводородного сырья и других полезных ископаемых.

В-девятых, Российской Федерации могла бы играть сегодня, с учетом вышеприведенного фактора, совсем другую роль в мировой экономической системе.

В-десятых, наличие большого количества негативных факторов, которые влияют на строительство предприятий по добыче и переработке углеводородного сырья в современных социально-экономических условиях, значительно затрудняет продвижение вперед всей мировой экономической системы.

Таким образом, все эти факторы, усугубляющие кризис мировой экономической системы, серьезно затрудняют строительство и эксплуатацию новых предприятий по добыче и переработке углеводородного сырья в Российской Федерации в современных социально-экономических условиях.

Проведя анализ большого количества показателей, так или иначе связанных с нефте- и газодобычей и переработкой, мы пришли к выводу, что основными из них в современных социально-экономических условиях являются следующие.

*Показатель развития производительности общественного труда.* Этот показатель показывает уровень развития производительных сил в любой стране, исходя из возможностей ее экономики. Проведенные исследования показали, что в Российской Федерации этот показатель является чрезвычайно низким, как следствие большого количества работников, которые заняты сегодня в основных отраслях народного хозяйства.

*Показатель стоимости продукции разного назначения и вида.* Этот показатель напрямую зависит от технологии ее производства. Проведенные исследования показали, что технология добычи нефти и газа в Российской Федерации в современных социально-экономических условиях чрезвычайно устарела и серьезно отстает от аналогичных технологий развитых стран Запада.

*Показатель качества продукции самого разного назначения и вида.* Проведенные исследования показали, что сегодня показатели качества конечной продукции нефте- и газопереработки серьезно отстают от аналогичных показателей развитых стран Запада.

*Показатель энерговооруженности основных средств производства предприятий нефте и газодобычи и переработки.* Показатель энерговооруженности показывает сколько энергии приходится на одну тонну добытой нефти и один кубический метр газа, извлеченного из недр Земли. Проведенные исследования показали, что этот показатель серьезно отстает от аналогичных показателей развитых стран Запада по следующим причинам.

Во-первых, количество электрической энергии зависит от технологии нефте и газодобычи и переработки.

Во-вторых, количество электрической энергии зависит от применяемых машин и механизмов, которые, как показали проведенные исследования, значительно отстают от аналогичных машин и механизмов развитых стран Запада.

В-третьих, количество электрической энергии зависит от расстояния, на которое она подается. Учитывая, что основные месторождения углеводородов в Российской Федерации

расположены, в основном, в Зауралье и Западной Сибири, то расходы на ее подачу значительно больше, чем в других странах.

*Показатели фондовооруженности основных средств производства предприятий нефте и газодобычи и переработки.* Показатель фондовооруженности показывает, какая часть основных производственных фондов предприятий нефте и газодобычи и переработки приходится на одну тонну добытой нефти и один кубический метр газа, извлеченного из недр Земли. Проведенные исследования показали, что этот показатель значительно отстает от аналогичных показателей многих стран мира по следующим причинам.

Во-первых, сами конструкции заводов и фабрик чрезвычайно устарели.

Во-вторых, сегодня строительные материалы, применяемые для их строительства, отстают от современных требований по причине их громоздкости и большого веса. Во всем мире давно перешли на конструкции из алюминиевых и титановых сплавов, которые на порядок легче аналогичных конструкций из бетона и железобетона.

Таким образом, эти показатели хорошо показывают степень отставания Российской Федерации в стратегических вопросах, имеющих чрезвычайно важное значение для модернизации нефте- и газодобывающих и перерабатывающих предприятий.

Таким образом, для ускоренного развития Российской Федерации необходимо, прежде всего, ускоренное развитие предприятий по добыче и переработке углеводородного сырья, но таким образом, чтобы значительная часть прибыли, полученной от их реализации, оставалась на ее территории.

### *Литература*

1. Дроздов Г.Д. Зеленая экономика в современных социально-экономических условиях: монография. - СПб.: ИПРИН, 2016. - 124 с.
2. Дроздов Г.Д. Тенденции и закономерности формирования инновационной экономики в условиях модернизации: коллективная моногр. / Мин-во обр. и науки РФ, С.-Петербург. гос. ун-т сервиса и экономики ; ред. В. А. Бабурин. - СПб. : Изд-во СПбГУСЭ, 2013. - 155 с. - ISBN 978-5-228.
3. Дроздов Г.Д. Организационно-экономический механизм формирования саморегулируемых организаций ЖКХ: монография / Дроздов Г.Д., Кондрашов О.А. Мин-во обр. и науки РФ, С.-Петербург. гос. ун-т сервиса и экономики ; Изд-во СПбГУСЭ, 2013. - 155 с. - ISBN 978-5-228-00646-1.

### THE APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE TRAINING OF ENGINEERS

G. V. Lepesh

*St. -Petersburg state university of economics (SPbGEU),  
191023, St. Petersburg, street Sadovaya, 21;*

In the article the peculiarities of multi-level engineering training to engineering industries. The basic aspects of application of information technologies at the levels of bachelors and masters in the framework of implementation of innovative concepts implementation of high technologies of modern industry.

*Keywords:* engineering education, computer technology, mechanical engineering, engineering problems, design, manufacturing, computer engineering.

#### **References**

1. Lepesh, G.V. Energy saving in life support systems of buildings and constructions//G. V. Lepesh/– SPb.: publishing house *SPbGEU*, 2015. – 437 pages.
2. About the concept of the doctrine of preparation of an engineering personnel in Russia M.: Edition of the State Duma, 2012. – 34 pages.
3. Piralova O. F. Theoretical bases of optimization of training in professional disciplines in the conditions of modern technical higher education institution / Publishing house: Academy of Natural sciences / - 2011, ISBN: 978-5-91327-157-0
4. Rodionov of Page F. Practical developments of the information and education environment of technical college of [Text] / Page F. Rodionov, P.E. Shenderey, M. V. Chugunov//Economy, statistics and informatics. UMO bulletin. – 2015. – No. 3. – Page 13-16
5. Computer engineering: studies. benefit / A. I. Borovkov [etc.]. — SPb.: Publishing house Politekhn. un-that, 2012. — 93 pages.
6. Lepesh G. V., Ivanov E.S., Moiseyev E. N., Egorov K. A the Solution of tasks of dynamics of power interaction in ballistic systems based on the hierarchical principle/. Science and technologies. Volume 2. Materials XXXVI of the All-Russian conference devoted to memory of the reviewer of MSNT N. N. Yershova (on June 14-16, 2016, Mias).c. 9-2

### FREE-STANDING METHOD FOR DETERMINING TECHNICAL STATE OF HOUSEHOLD REFRIGERATION DEVICE

A.V. Kozhemyachenko, M.A. Lemeshko, V.V. Nikishin

*Institut service sector and enterprise (branch) of the DonStateTechnicalUniversity(ISOiP(branch)  
DGTU), 346500, Schachty, str. Shevchenko, 147*

The article describes a method based on the method of comparing the offices of cooling rates of diagnosed and standard household refrigerating appliance

*Keywords:* diagnosis, the refrigeration unit, the cooling rate.

#### **References**

- 1 The stand for testing of the hermetic refrigerating aggregate: [Text] of ampere-second. USSR No. 1315762 MPK 4F25B 49/00 / I. V. Bolgov, V. V. Levkin, A. V. Kozhemyachenko, S. N. Alyokhin, etc.; applicant and patentee Shakhty institute of technology of consumer services, No. 389590/23-06; it is declared 16.05.85, published 07.06.87, bulletin No. 21.
- 2 Lepayev, D. A. Repair of household refrigerators / D.A.Lepayev. – M.: Legpromizdat, 1989. – Page 255-258.
- 3 Kozhemyachenko, A.V. Results of experimental determination of technical condition of household refrigerating appliances in the course of their operation [Text] / A. V. Kozhemyachenko, L.D.Alekseenko, V. A. Nedorokhlebov/Vestnik Vostochno-ukrainskogo of national university of V. Dahl. – Luhansk, No. 2 (132), 2009. – Page 184-190.
- 4 Kozhemyachenko, A.V. Results of testing of the aggregate BHP in the conditions of impact of operational factors [Text] / A. V. Kozhemyachenko, S.P.Petrosov//News of HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS. North Caucasus region. Technical science. – 2006, No. 10. Page 134-136.
- 5 Method of determination of technical condition of subsystems of household compression refrigerators [Text]. Stalemate. No. 2354899 Grew. Federation of MPK F25V 49/02 (2006.01) 01M 19/00. Pershin V. A., Kozhemyachenko A. V., Ruslyakov D. V., etc.; the applicant and the patentee of Public Educational Institution of Higher

Professional Training Yuzhno-Ros. gos. un-t ekonomiki i servisa, No. 2007120003, it is declared 29.05.2007; it is published 10.05.2009, bulletin No. 13.

6 Jacobson, V. B. Small refrigerating machines / W. B. Jacobson. – M.: Food industry, 1977. – 368 pages.

### **MATERIAL-SAVING TECHNOLOGIES IN SERVICE MAINTENANCE OF HOUSEHOLD REFRIGERATORS**

A.V. Kozhemyachenko, M.A. Lemeshko, O.S. Maslov

*Institut service sector and enterprise (branch) of the Don State Technical University*

*(ISOiP(branch) DGTU), 346500, Schachty, str. Shevchenko, 147*

The article describes the design of the stand for the collection and recovery of refrigerants, collecting fault detection and recovery of the lubricating oil of small refrigerators material-saving ensuring the implementation of technologies in the repair of household refrigerating appliances

*Keywords:* small refrigerating machine, the refrigerant lubricating oil, collection, fault detection, recovery, repair, material-saving technology.

### **MODERN METHODS OF SEWAGE TREATMENT OF INDUSTRIAL ENTERPRISES**

G.V. Lepesh, A.S. Panasyuk, A.S. Churilin

*St. -Petersburg state university of economics (SPbGEU),*

*191023, St. Petersburg, street Sadovaya, 21*

It is proposed, on the background of standard solutions, a new approach approvals phase of heterogeneous materials with new properties of simple mechanical combination under normal conditions. Relationship of the problems of waste water companies purification with the decision of problems of economy and ecology was considered. It should be mentioned such aspects as: monitoring of harmful components, economical methods of water treatment and the development of new methods for the production of effective sorbents and reagents.

*Keywords:* The problem of wastewater treatment, service of the enterprise, ecology, monitoring of harmful components, effective sorbents and reagents, wastereduction, rational utilization.

#### **References**

1. Lepesh G. V., Sakanskaya-Gritsay E.I. Analiz the factors causing engineering procedure of water purification of natural sources in the Leningrad region.//Technical and technological problems of service. No. 1(27), 2014. – page 56 – 68.
2. Chemical composition of underground waters. Website: State monitoring of a condition of a subsoil. GMSN regional center for the Northwestern Federal District. [Electronic resource]. – URL: <http://sevzapnedra.nw.ru/GMCN/system13.htm>, (date of the address 01.08.2013).
3. Technologies of cleaning. Website water utility of SPb. [Electronic resource]. – URL: [http://www.vodokanal.spb.ru/vodosnabzhenie/tehnologii\\_ochistki/](http://www.vodokanal.spb.ru/vodosnabzhenie/tehnologii_ochistki/)(date of the address 01.05.2016).
4. Sanitary and epidemiologic rules and standard rates "Drinking water. Hygienic requirements to quality of water of centralized systems of drinking water supply. Quality control. SanPiN 2.1.4.1074-01".
5. Lepesh G. V., E.I. Gritsay, Hotulev of V. A. Issledovaniye of essence of electrochemical process, as technological component of cleaning vody.//Technical and technological problems of service. No. 2(24), 2013 of of Page 42 – 49.
6. Matveenko A. P. Electroreagent technology of cleaning and standard of water solutions and colloidal expert-sotsiatov.//Technical and technological problems of service. No. 2(8), 2009. – page 50 – 54.
7. Installation of electroreagent cleaning natural drinking vody.//Matveenko A. P., Gavrikova A. E. The patent for useful model No. 101701 according to the request No. 2010131296 of July 27, 2010.
8. Lepesh G. V., Matveenko A.P., Nosov E. S. Reasons and development of aggregates of electroreagent cleaning of a pitevoyvoda.//Technical and technological problems of service.-2010. No. 1 (11) – page 64 – 79.
9. Stasinakis A. S. Use of selected advanced oxidation processes (AOPs) for wastewater treatment - A mini review// Global NEST Journal. 2008. 10 (3). 376-385
10. Comninellis C., Kapalka A., Malato S., Parsons S. A., Poullos I., Mantzvinos D. Perspective advanced oxidation processes for water treatment: advances and trends for R&D // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 2008. 83. – page 769-776
11. Chong, M. N., Jin, B., Chow, C. W. K., Saint, C. Recent developments in photocatalytic water treatment technology: A review // Water Research. 2010. 44. 2997-3027

---

## INFLUENCE OF GAS-PULSE PROCESSING OF ENDURANCE, DURABILITY, CORROSION AND RELAXATION RESISTANCE OF METALLIC MATERIALS

D.A. Ivanov, O.N. Zasuhin

*Saint-Petersburg state University of civil aviation (SPbSUCA),*

196210, street of Pilots, 38;

*The Baltic state university (BGU) "VOYENMEKH" of D.F. Ustinov*

190005, St. Petersburg, 1st Krasnoarmeyskaya St., 1

This paper examines the effect of pulsating gas flows in subsonic performance endurance, long durability, corrosion resistance and relaxation of industrial metallic materials.

*Keywords:* pulsating gas flow, endurance, long durability, corrosion resistance, relaxation resistance.

### References

1. Ivanov D. A., Zasukhin O. N. Gas-pulse processing of machine-building materials without preliminary heating//Engine-building. – SPb., 2010, No. 2, page 20-22.
2. Ivanov D. A., Zasukhin O. N. Increase in constructive durability of machine-building materials as a result of a combination of heat and gas-pulse treatment//Engine-building. – SPb., 2012, No. 3, page 12-15.
3. Ivanov D. A., Zasukhin O. N. Processing by the pulsing gas stream high-strength and spring staly//Engine-building. – SPb., 2014, No. 3, page 34-36.
4. Ivanov D. A. Influence of the subsonic pulsing air-and-water stream on tension staly at heat treatment//Technical and technological problems of service. – SPb., 2007, No. 1, page 97-100.
5. Ivanov D. A. Training staly, aluminum and titanic alloys in the pulsing subsonic air-and-water stream//Technical and technological problems of service. – SPb., 2008, No. 2, page 57-61.
6. Ivanov D. A. Prokalivayemost staly when training in the pulsing subsonic air and air-and-water stream//Technical and technological problems of service. – SPb., 2010, No. 11, page 50-53.
7. Ivanov D. A., Zasukhin O. N. Use of gas-pulse processing in the course of thermal hardening of details of household cars//Technical and technological problems of service. – SPb., 2012, No. 4, page 33-37.
8. Bulychev A. V., Ivanov D. A. Impact of gas-pulse processing on structure, properties and tension of metal products//Technology of metals. – M., 2013, No. 11, page 30-33.
9. Ivanov D. A., Zasukhin O. N. Use of the pulsing subsonic gas stream for increase in operational properties of metal products//Technology of metals. – M., 2015, No. 1, page 34-38.
10. Ivanov D. A., Zasukhin O. N. Increase in corrosion resistance constructional staly a gas-impulse - ache processing//Technology of metals. – M., 2015, No. 10, page 27-31

## CREATION OF THE CHARACTERISTIC OF PROCESS OF CUTTING OF LEDGES OF DEFORMABLE ELEMENTS ON THE BASIS OF THE NUMERICAL EXPERIMENT

G.V. Lepesh, K.A. Egorov

*St. -Petersburg state university of economics (SPbGEU),*

191023, St. Petersburg, street Sadovaya, 21;

*Joint-stock company "Central Research and Development Institute materials", (JSC TsNIIM), 191014, St. Petersburg, Paradnaya St., 8*

The solution of a volume contact problem of cutting of ledges of deformable elements in the program ANSYSWorkbench environment is developed. For realization of system approach in problems of imitating modeling of functioning of products, on the basis of realization of a multiple-factor numerical experiment the regression equation characterizing process of cutting of ledges is constructed.

*Keywords:* the regression equation, a complete factorial experiment obturating devices, maintaining on the channel, cutting of ledges

### References

1. Lepesh G. V. Hierarchical approach at the solution of problems of dynamics power interaction//Technical and technological problems of service. –2015, No. 3(33), page 49-58.
4. Lepesh G. V. Dynamic and durability the osesimmetricheskikh and the rotating products./G. In Lepesh/-SPb: publishing house SPbGUSE, 2010 – 143 pages
5. Lepesh G.V. Modeling of process of loading of a pipe internal pressure with the front of loading moving with a high speed./G. In Lepesh//the Collection of reports of the X international conference. On soft calculations and measurements. On June 25-27, 2007 SPb.: LETI. - page 152 – 161
4. Sokolovskaya I. Yu. Complete factorial experiment / I.Yu. Sokolovskaya//Methodical instructions for independent work of students. – Novosibirsk: NGAVT, 2010. – 36 pages

## APPLICATION OF COMPUTER MODELING OF WIND POWER INSTALLATION

O.B. Tihonova, D.V. Ruslyakov, L.V. Larina, Ya.S. Davydov

*Institut service sector and enterprise (branch) of the Don State Technical University (ISOiP(branch) DGTU), 346500, Schachty, str. Shevchenko, 147*

In the article the analysis of computer simulation of vetroenergeticheskoy installation, calculation of flow, fundamental aerodynamic forces and moments occurring at the single and durational wind installation when its blowing wind flow using software.

*Keywords:* wind turbine, computer simulation of dual rotor wind turbine, small wind speed, the aerodynamic flow around

### References

1. The ANSYS software product for the solution of tasks of computing hydrodynamics [An electronic resource] of <http://www.cad-fem-cis.ru/products/ansys/>
2. Trains A. J., Mamyrkulov K. M, etc. To a question of creation of VEU with system of automatic regulation of output electric parameters//Mathematical modeling and problems of automation: Tez.dokl. konf. - Frunze, 1990. - Page 51.
3. Ruslyakov D. V. Questions of energy saving and an energy efficiency of a housing-and-municipal complex in Russia / D. V. Ruslyakov, O. B. Tikhonova//Urgent problems of the equipment and technology: international nauch-but-practical conference: materials: – ИСОиП (branch) of DGTU, 2014, page 151-154
4. Ruslyakov D. V. The legal basis of energy saving and assessment of an energy efficiency in Russia/D.V. Ruslyakov, O. B. Tikhonova//Science and world. – 2014. – Т. 2, No. 4 (8)
5. Wind power / under the editorship of D. de Renzo: The lane with English; in 39 under the editorship of Ya. I. Shefter. - M.: Energoatomizdat, 1982.
6. Tikhonova O. B. Problems and prospects of a research of wind turbines of low power in a housing-and-municipal complex / O.B. Tikhonova, D. V. Ruslyakov and other//Material sofxiinternational researshand practice conference "fundamental and applied science – 2015". – Science and Education Ltd, Sheffield, UK, 2015. - Vol. 18

## IMPROVEMENT TECHNOLOGY HEAT PUMPS ON THE BASIS RANKA-HILSA EFFECT

G.V. Lepesh, S.K. Luneva

*Saint Petersburg State University of Economics (SPbGEU), 191023, St. Petersburg, st. Sadovaja, 21*

The possibilities of improving and increasing the effectiveness of heat exchanger heat pumps with the use of vortex effect, the pipe Ranka – Hilsa.

*Keywords:* vortex effect; heat pumps; energy efficiency; energy saving; vortex tubes; tubes Ranka – Hilsa

### References

1. About energy saving and about increase in energy efficiency and about modification of separate legal acts of the Russian Federation: Federal law of the Russian Federation of 23.11.2009 N 261-FZ (edition of 2.07.2013)//Collection of Federal constitutional laws and federal laws. – M, 2009. – Issue 12
2. Gutsol A. F. Effect Wounds/achievements of physical sciences. - 1997, tom 167, No. 6
3. Laptev A. G., Nikolaev N. A., Basharov M. M. Methods of an intensification and modeling of teplomasso-exchange processes. Educational handbook. – M.: «Heating engineer», 2011. – 335 pages.
4. Luneva S. K., the Solution of questions of energy saving and an energy efficiency in case of use of thermal pumps//Technical and technological problems of service. 2014.- No (29)
5. Energy saving in life support systems of buildings and constructions / G. V. Lepesh. - SPb.: publishing SPbGEU, 2014. – 437 pages
6. Lyandzberg A. R. Vortex heat exchangers and condensation in the twirled flow. [Text] / A. R. Lyandzberg, A.S. Latkin//— Petropavlovsk Kamchatskij: KGTU, 2004. — 149 pages.
7. Korkodinov. YA. A., Hurmatullin O. G. Use of effect the Ranka – Hilsha. Perm national research polytechnical university
8. Ageev K. V., Denisova A. E. The Odessa national polytechnical university Jet and vortex recuperators for energy saving technologies / Refrigeration Technology, No 51 (4), 2015

## ENHANCEMENT OF HEAT POWER SYSTEMS ON THE BASIS OF ENTALPIYNY APPROACH

D.S. Agapov

*St. Petersburg State Agrarian University (SPbGAU), 196605, St. Petersburg, g. Pushkin, Petersburg Rd. D 2*

---

Energy balances of the modern gas-piston power stations and heat engines which are their part are made. Are constructed the regression equations for calculation of the values which are working out thermal balance depending on a load factor. For the specific entity the modern cogeneration gas-piston installations allowing to cover entirely energy needs of production are picked up.

*Keywords:* power station, engine, efficiency, energy balance, parallel and consecutive connection, cogeneration installation

### **References**

1. Agapov D. S. Total efficiency of the thermal power station. / D. S. Agapov//Collection of scientific works of a scientific and technical conference on a subject: "Improvement of operating characteristics of cars, tractors and engines". – SPb.: Publishing house SPbGAU. – 2011. – Page 252-255.
2. Agapov D. S. Efficiency of the combined thermal power station. / D. S. Agapov//Collection of scientific works of a scientific and technical conference on a subject: «Improvement of operating characteristics of cars, tractors and engines». – SPb.: Publishing house SPbGAU. – 2010. – Page 223-225.
3. Agapov D. S. Determination of efficiency of the compound thermal power station. / D. S. Agapov//the Collection of scientific works of the international scientific and technical conference of institute of technical systems, service and power on a subject: «Improvement of operating characteristics of cars, tractors and engines». – SPb.: Publishing house SPbPU. – 2014. – Page 181-183.
4. Lepesh G. V. Criteria of an optimality of combination of machines and units in systems. / V. A. Bogatyrev, S. V. Bogatyrev, G. V. Lepesh//Technical and technological problems of service. – 2009. – No. 8. – Page 30-34.
5. Agapov D. S. Development of a mode of a supply of warmth for receiving the maximum work at temperature and dynamic restrictions. / D. S. Agapov//Collection of scientific works of a scientific and technical conference on a subject: "Improvement of operating characteristics of cars, tractors and engines". – SPb.: Publishing house СПбГАУ. – 2009. – Page 250-251.
6. Agapov D. S. Modeling of processes of prestarting thermal preparation of diesels with use of the accumulated energy. / D. S. Agapov, A. P. Kartoshkin//the Magazine of News of the International academy of agrarian education – SPb.: Publishing house SPbGAU. – 2013. – No. 19. – Page 45-48.
7. Kukolev M. I. Models of thermal processes in energy stores for justification of design decisions: thesis, Doctor of Engineering: 05.14.04 / St. Petersburg polytechnical university, St. Petersburg. – 2006. – 280 with.
8. Beckman G. Thermal accumulation of energy / G. Beckman, P. Gilli; the lane with English V. Ya. Sidorov, E. V. Si-dorov; under the editorship of V. M. Brodyansky. – M.: World. – 1987.
9. Agapov D. S. Results of pilot studies of system of prestarting preparation of gasoline engines with the thermal accumulator of phase transition. / D. S. Agapov, I. A. Kosenkov, A. P. Kartoshkin//Collection of scientific works of a scientific and technical conference on a subject: "Improvement of operating characteristics of cars, tractors and engines". – SPb.: Publishing house SPbGAU. – 2010. – Page 302-310.
10. Agapov D. S. Calculation of requirement of the entity for the energy equipment. / D. S. Agapov, A. P. Kartoshkin//Magazine Rural machine operator. – 2015. – No. 5. Page 26-27, 31.
11. Agapov D. S. Optimum operating modes of gas-piston installations. / D. S. Agapov, A. P. Kartoshkin//Magazine Rural machine operator. – 2015. – No. 5. – Page 32-33.
12. Rubenstein YA. M., Shchepetilnikov M. I. Calculation of influence of changes in the thermal scheme on profitability of power plants. / Ya. M. Rubenstein, M. I. Shchepetilnikov. – M: Energy. – 1969. – 224 pages.
13. Rubenstein YA. M., Shchepetilnikov of M. I. Study of real thermal schemes of thermal power plant and NPP. / Ya. M. Ru-binstein, M. I. Shchepetilnikov. – M.: Energoizdat. – 1982. – 272 pages.
14. Gotovsky M. A. Suslov V. A. Heat and mass transfer in the TsBP technological installations. / M. A. Gotovsky, V. A. Suslov. – SPb. – 2011. – 123 pages.
15. Sapoznikov S.Z. Teplometriya in the cylinder of the internal combustion engine with use of gradient sensors of a thermal stream.//News of higher education institutions and power associations of the Commonwealth of Independent States. / Sapoznikov S.Z., Mityakov V. Yu., Mityakov A. V. News of the Russian Academy of Sciences. Power. – 1997. – No. 9-10. Page 53.
16. Alkidas AC. The application of availability and energy balances to a diesel engine. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. – 1998. – №110(3), – Page 462–469.
17. Agapov D. S. Exergy function of warmth and thermal efficiency of power stations at a variable temperature. / D. S. Agapov//News СПбГАУ – 2011. – No. 24. – Page 322-325.

## **PROPOSALS TO IDENTIFY AND REDUCE AREAS OF CONCENTRATION OF DANGEROUS ROAD ACCIDENTS**

Y.G. Lazarev, C.E. Medres



*Saint Petersburg State University of Economics (SPbGEU),  
191023, St. Petersburg, st. Sadovaja, 21;  
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPBGASU),  
190005, Saint Petersburg, 2 Krasnoarmeiskaya str., 4.*

The article considers the problem of reduction of the main indicators of accidents on the example of Leningrad region. Presents and analyzes data on the severity of the consequences and the causes of accidents and conclusions on the main types of accidents in a particular area. Analysis of audit results has allowed considering additional parameters that affect the number of accidents, which injured the drivers of the vehicles.

*Key words:* rates of accidents, dangerous areas of concentration of road accidents.

#### **References**

1. Lazarev Yu. G. Transport infrastructure (Highways). The monograph – LAP LAMBERT, Germany: 2015. 173 pages.
2. Silyanov V. V. Transport and operational qualities of highways and city streets. M.: ITs "Academy", 2009. 352 pages.
3. Solodky A. I. Designing of a cost-efficient street road net of the cities. Messenger. Architect 21st century. No. 1 (46). 2013. Page 78-81.
4. Evtyukov S.A. Comparison of methods of determination of speed of the movement of vehicles at road accident examination / S. A. Evtyukov, E. V. Tyulkin / the Motor transportation enterprise. No. 4. 2015. Page 16-19.
5. Lazarev Yu. G. Formation of consumer and operational properties of highways / Yu. G. Lazarev D. L. Simonov, A. N. Novik / Technical and technological problems of service. 2016. No. 1(35). Page 43-47.
6. Lazarev Yu. G. Tendencies of development of the Assistans service on highways of the North western region / Yu.G. Lazarev, Yu. A. Grigorieva//Technical and technological problems of service. 2014. No. 2 (28). Page 87-90.
7. Evtyukov S.A. Structure and requirements to system of the automatic notification on road accident for tasks of reconstruction of the road accident mechanism / S. A. Evtyukov, Ya. V. Vasilyev, I. S. Brylev/Messenger of civil engineers. No. 1 (48). 2015. Page 187-193.
8. Rustenbek S. D. Forming of the database for testing of road clothes / S. D. Rustenbek, D.Yu. Kirillova, Yu. G. Lazarev//Urgent problems of humanitarian and natural sciences. 2016. No. 2-2.C. 68 - 72.
9. Yermoshin N. A. Modeling of conditions of uncertainty of functioning and development of transport logistic systems for the purpose of ensuring their economic safety / N. A. Yermoshin, N. I. Bolgarov//Construction and road machines. - SPb.: 2014. - No. 6. Page 30-35.
10. Lazarev Yu. G. Formation of a technique of assessment of the accuracy (reliability) of design of road clothes of nonrigid type. / Yu. G. Lazarev, P. A. Petukhov, M. V. Shirokikh / Messenger of civil engineers. 2016. No. 2 (55). Page 38-47.
11. Shatalova, N. V. A hierarchical method of the choice of rational option of reconstruction of highways near the inhabited points/N.V. Shatalova//Internet Science of science magazine. 2014. No. 2 (21). Page 148.

### **ANALYSIS OF EFFICIENCY OF ON SITE TAX INSPECTIONS**

*Z.P. Kuznetsova, T.A. Barhatova,  
Saint-Petersburg State University of Economics (SPbGEU),  
191023 Saint Petersburg, st. Sadovaya, 21*

This article discusses the current challenges the effectiveness of leadthrough of on site tax inspections. The analysis for the 2013÷2015. the results of the on site tax inspections in Russia and Interdistrict Inspectorate of the federal tax service (Interdistrict IFTS) No15 in Saint-Petersburg with and without internal affairs agencies, discusses some of the ways to improve interaction between taxpayers and tax authorities according to the results of the tax audit.

*Keywords:* tax audits, internal affairs bodies, the on-site tax inspection, the efficiency of on-site tax inspection, imposing on results of on-site tax inspection.

#### **References**

1. Tax Code of the Russian Federation of the Russian Federation. Part one and the Second / Federal law Russian Federation of July 31, 1998 No. 146-FZ (the current version of 07.10.2016). Official site of the directory Consultant Plus system. – Access mode: <http://www.consultant.ru>.
2. The order of FNS of Russia of 30.05.2007 No. MM-3-06/333 "About approval of a system concept of planning of exit tax audits"

- 
3. Consolidated budget of the Russian Federation and budgets of the state off-budget funds [An electronic resource]. Access mode: <http://www.roskazna.ru/ispolnenie-byudzhetrov/konsolidirovannyj-byudzheto>
  4. Results of checks of compliance with the law about the taxes and fees conducted by tax bodies independently and with participation of law-enforcement bodies//the Consolidated report of Federal Tax Service. - 2015. - December. Page 2-4.
  5. Electronic resource: [http://www.reghelp.ru/ifns\\_spb\\_15.shtml](http://www.reghelp.ru/ifns_spb_15.shtml) (date of the address of 15.12.2015)
  6. Official site of the directory Guarantor system. – Access mode: <http://www.garant.ru>
  7. Bondarev N. S. Assessment of the tax load in the Russian Federation [Text] / N. S. Bondarev//the Young scientist. - 2015. - No. 1. - Page 186-188

## **METHOD OF ACCOUNT OF RISKS AT BUILDING OF ENTERPRISES ON PROCESSING OF HYDROCARBON RAW MATERIAL**

G.D. Drozdov

*Saint-Petersburg State University of Economics (SPbGEU),  
191023 Saint Petersburg, st. Sadovaya, 21*

Financing of building of enterprises nefte- and gazodobychi and processing in modern socio-economic terms it must be tied up with many circumstances which their efficiency depends on. In this article considered method of account of risks, mixing to promote efficiency of functioning of enterprises on processing of hydrocarbon raw material.

*Keywords:* hydrocarbon raw material, risks, method of account of risks.

### **References**

- 1 Drozdov G.D. Green economy in modern social and economic conditions: monograph. - SPb.: IPRIN, 2016. - 124 pages.
- 2 Drozdov G.D., Drozdova, I.V. Peculiarities of Innovative Processes in Higher Education System in Russia under Conditions of Reforming it.- Pages: 1106-1111, DOI: 10.5829/idosi.wasj.2013.23.08.13129.
- 3 Drozdov G. D. ; Malafeyev O. A. ; Nemnyugin S. A. Multicomponent dynamics of competitive single-sector economy development Publication Year: 2015, Page(s):457 – 459

## **PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF ECONOMY OF RUSSIAN FEDERATION IN DEPENDENCE ON DEVELOPMENT OF «GREEN» ECONOMY**

G.D. Drozdov, I.V. Drozdova

*Saint Petersburg State University of Economics (SPbGEU),  
191023, St. Petersburg, st. Sadovaya, 21;  
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU),  
190005, Saint Petersburg, 2 Krasnoarmeiskaya str., 4.*

The article discusses the possibility of overcoming of problems of development of economy of the Russian Federation in terms of the development of hydrocarbon production and development of strategy of development of "green" economy.

*Keywords:* strategic plan of development of Russian Federation, nefte- and gazodobycha and processing.

### **References**

- 1 Drozdov G.D. Green economy in modern social and economic conditions: monograph. - SPb.: IPRIN, 2016. - 124 pages.
- 2 Drozdov G.D. Tendencies and regularities of forming of innovative economy in the conditions of upgrade: collective monogr. / Mines-in obr. and sciences of the Russian Federation, S. - Peterb. state. un-t of service and economy; edition V. A. Baburin. - SPb.: Publishing house СПбГУСЭ, 2013. - 155 pages - ISBN 978-5-228.
- 3 Drozdov G.D. Organizational and economic mechanism of forming of housing and public utilities self-regulatory organizations: Monograph / Drozdov G. D., Kondrashov O.A. Ministerstvo of science and education of the Russian Federation, St. Petersburg State University of service and economy; Publishing house SPbGUSE, 2013. - 155 pages - ISBN 978-5-228-00646-1.

**ТРЕБОВАНИЯ  
К МАТЕРИАЛАМ, ПРИНИМАЕМЫМ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМ  
ЖУРНАЛЕ  
«ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕРВИСА»**

**К публикации принимаются** материалы научно-технического содержания по актуальным проблемам техники и технологии сервиса машин, приборов и инженерных систем жилищно-коммунального хозяйства, бытового обслуживания, дизайна, экологии, личного и общественного транспорта, не предназначенные для публикации в других изданиях.

Материалы, публикуемые в журнале, должны обладать несомненной новизной, относиться к вопросу проблемного назначения, иметь прикладное значение и теоретическое обоснование и быть оформлены по соответствующим правилам (см. <http://unescon.ru/zhurnal-ttps>).

Материалы для публикации должны сопровождаться: электронной версией статьи, представленной в формате редактора MicrosoftWord (CD-R, CD-RW, DVD или отправленные по e-mail).

**Статья должна содержать следующие реквизиты:**

- индекс универсальной десятичной классификации литературы (УДК);
- название статьи на русском и английском языках;
- фамилию имя отчество автора (авторов) полностью с указанием должности, звания, телефона и электронного адреса;
- полное наименование организации с указанием почтового индекса и адреса;
- аннотацию из 10 – 30 слов на русском и английском языках;
- 3 – 7 ключевых слова или словосочетания на русском и английском языках;
- текст статьи (8 – 15 страниц (14 пт.), номера страниц не указываются) на русском языке;
- литература (библиографические ссылки даются в конце текста в порядке упоминания по основному тексту статьи, в тексте в квадратных скобках указывается порядковый номер). Внутритекстовые, подстрочные и затекстовые библиографические ссылки (списки литературы) должны оформляться в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 – 2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

Статья представляется в электронном виде (на электронном носителе или высылается электронной почтой по адресу: [GregoryL@yandex.ru](mailto:GregoryL@yandex.ru)).

**При оформлении статьи** должны соблюдаться следующие требования.

При наборе текста используется шрифт TimesNewRoman. Интервал текста кратный, без дополнительных интервалов. Лишние пробелы между словами не допускаются. Форматирование текста (выравнивание, отступы, переносы, интервалы и др.) должно производиться автоматически.

**Иллюстрации** представляются в графических редакторах MSWindows. Все иллюстрации сопровождаются подписочными подписями (не повторяющими фразы-ссылки на рисунки в тексте), включающими номер, название иллюстрации и при необходимости – условные обозначения.

**Рисунки** выполняются в соответствии со следующими требованиями:

- масштаб изображения – наиболее мелкий (при условии читаемости);
- буквенные и цифровые обозначения на рисунках по начертанию и размеру должны соответствовать обозначениям в тексте статьи;
- размер рисунка – не более 15x20 см;
- текстовая информация и условные обозначения выносятся из рисунка в текст статьи или подписочные подписи.

Иллюстрации (диаграммы, рисунки, таблицы) могут быть включены в файл текста или быть представлены отдельным файлом.

Все **графики, диаграммы** и прочие встраиваемые объекты должны снабжаться числовыми данными, обеспечивающими при необходимости их (графиков, диаграмм и пр.) достоверное воспроизведение.

**Формулы** должны быть созданы в редакторе формул MSEquation. Защита формул от редактирования не допускается. Формулы следует нумеровать в круглых скобках, например, (2). Величины, обозначенные латинскими буквами, а также простые формулы могут быть набраны курсивом. Все латинские буквы в формулах выполняются курсивом, греческие и русские – обычным шрифтом, функции – полужирным обычным.

**Термины и определения, единицы** физических величин, употребляемые в статье, должны соответствовать действующим национальным или международным стандартам.

На последней странице рукописи должны быть подписи всех авторов. Статьи студентов, соискателей и аспирантов, кроме того, должны быть подписаны научным руководителем.

Редакция не ставит в известность авторов об изменениях и сокращениях рукописи, имеющих редакционный характер и не затрагивающих принципиальных вопросов.

**Итоговое решение об одобрении или отклонении представленного в редакцию материала принимается редакционным советом и является окончательным.**

**ISSN 2074-1146**

Журнал зарегистрирован  
в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных тех-  
нологий и массовых коммуникаций.  
Свидетельство о регистрации средства массовой информации –  
ПИ № ТУ 78-01571 от 12 мая 2014 г.

Журнал входит в Российский индекс научного цитирования  
[http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=28520](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=28520)

Электронная версия журнала расположена по адресу:  
<http://unecon.ru/zhurnal-ttps>  
Подписной индекс в каталоге «Журналы России» –95008.

## **НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

### ***Технико-технологические проблемы сервиса*** **№3(37)/2016**

---

Подписано в печать 16.09.2016 г. Формат 60 x 84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Гарнитура TimesNewRoman. Печать офсетная. Объем 14,0 п.л. Тираж 1000 экз. Заказ № 1257

---

Адрес издателя и типографии: 191023, Санкт-Петербург, Садовая ул., д. 21  
Отпечатано на полиграфической базе СПбГЭУ.