

ТЕХНИКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕРВИСА

ISSN 2074-1146

№ 4 (30), 2014

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, издается с 2007 года

Учредитель:



Санкт-Петербургский Государственный
Экономический Университет

Редакционный
совет:

И.А. Максимцев – ректор СПбГЭУ, д.э.н., профессор – *председатель совета*;
А.Е. Карлик – проректор по НР СПбГЭУ, д.э.н., профессор – *заместитель председателя совета*;
Г.В. Лепеш – заведующий кафедрой МОБиЖКН СПбГЭУ, д.т.н., профессор – *главный редактор журнала*

Члены редакционного совета:

В.А. Бабурин – д.э.н., профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, профессор кафедры маркетинга СПбГЭУ, г. Санкт-Петербург;
А.Г. Боровский – 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;
Ю.Н. Дроздов – д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, РАН, институт машиноведения им. А.А. Благодрава, г. Москва;
С.И. Корягин – д.т.н., профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, директор института транспорта и технического сервиса БФУ им. И. Канта, г. Калининград;
В.Н. Ложкин – д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России;
В.В. Пеленко – д.т.н., профессор, заместитель директора института холода и биотехнологий по учебной работе Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики;
П.И. Романов – д.т.н., профессор, директор научно-методического центра УМО вузов России (СПбГПУ), г. Санкт-Петербург;
Н.Д. Сорокин – к. ф.-м. н., заслуженный эколог Российской Федерации, заместитель председателя комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности правительства Санкт-Петербурга

Editorial
council:

I.A. Maksimcev – rector SPbSEU, doctor of economic sciences, professor – the chairman of the board;
A.E. Karlik – vice rector for scientific work SPbSEU, doctor of economic sciences, professor – the vice-chairman of council;
G.V. Lepesh – 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

Members of editorial council:

V. A. Baburin – doctor of economics, professor, honored worker of higher school of Russian Federation, professor of the department of marketing SPbSEU, St. Petersburg;
A.G. Borovsky – 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 mechanic of the Russian Federation, St. Petersburg;
Yu.N. Drozdov – 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;
S. I. Koryagin – 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;
V.N. Lozhkin – 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;
V. V. Pelenko – 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;
P. I. Romanov – doctor of engineering, professor, director scientific and methodical center of higher education institutions of Russia (St. Petersburg state polytechnical university), St. Petersburg;
N. D. Sorokin – 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

Адрес
редакции:

Санкт-Петербург, Прогонный пер., д.7, лит.А, офис 111
Для писем: 191023, Санкт-Петербург, Садовая ул., 21, офис. 215.
Электронная версия журнала:
<http://unicon.ru/zhurnal-ttps>; <http://elibrary.ru/>
Подписной индекс в каталоге «Почта России» –31661;
тел./факс (812) 3604413; тел.: (812) 3684289; +7 921 7512829;
E-mail: gregoryl@yandex.ru.
Оригинал макет журнала подготовлен в редакции

Санкт-Петербург – 2014

СОДЕРЖАНИЕ

КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Наилучшие доступные и типовые технологии в энергоэффективных системах жизнеобеспечения зданий и сооружений.....3

ДИАГНОСТИКА И РЕМОНТ

Кожемяченко А.В., Лемешко М.А., Новиков А.В. Исследование работоспособности фильтрующих элементов фильтр-осушителей бытовых холодильных приборов.....8

Пестриков В.М., Евкарниев В.Е. Особенности диагностики современных автотранспортных средств.....14

Петросов С.П., Лемешко М.А., Кожемяченко А.В., Урунов С.Р. Мониторинг энергетических показателей бытовых холодильников в период эксплуатации20

Тихонова О.Б., Русяков Д.В., Петросов С.П. Особенности технической эксплуатации и сервиса посудомоечных машин.....26

Кобяков И.К., Сидельников Б.В. Обоснование и разработка рациональной конструкции обмотки возбуждения асинхронизированных генератор-двигателей с целью повышения их энергоэффективности и эксплуатационной надежности.....30

Богатырев В.А., Богатырев А.В. Кластеры предоставления информационных услуг с энергосберегающей реконфигурацией.....38

Лепеш Г.В., Потемкина Т.В. Способ энергоэффективного обогрева вентилируемых помещений.....42

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Алехин С.Н., Петросов С.П., Желтушкин Л.С., Алехин А.С. Снижение сил сопротивления при вращении стирального барабана в процессе отжима.....55

Лемешко М.А., Кожемяченко А.В., Урунов С.Р. Зависимость энергетической эффективности компрессионного холодильника от способа охлаждения его конденсатора.....58

Лазарев Ю.Г., Скоробогатый А.С., Кочешков С.В. Математическая модель восстановления работоспособности отечественной и зарубежной техники на основе логистики сервиса «Ассистанс».....61

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЕРВИСА

Романова А.А., Рымкевич П.П. Методика расчета прогнозируемых сроков окупаемости энергосберегающих мероприятий по утеплению зданий.....68

Мирская С.Ю., Сидельников В.И. Экономичный обогрев помещения как задача оптимального управления.....75

Печерица Е.В. Возможные пути повышения энергоэффективности на предприятиях гостиничного бизнеса.....79

Великанов Н.Л., Корягин С.И. Энергоэффективность городских сетей водоснабжения и водоотведения.....84

Генз В.А., Андреева А.В. Государственно-частное партнерство в сфере инноваций как фактор развития трудового потенциала территории.....89

Пирогова О.Е. Экологические аспекты устойчивого развития в деятельности торговых предприятий.....95

Котельников В.Г., Миленин М.Г., Лазурина Г.С. Оценка энергоэффективности инвестиционных проектов на основе байесовских интеллектуальных технологий.....98

Прокопчина С.В., Ветров А.Н., Нестеров А.О. Измерение показателей энергоэффективности на основе байесовских интеллектуальных технологий.....102

Бадах В.Ф., Потёмкина Т.В. Анализ региональной программы энергосбережения в Ленинградской области.....107

Требования к материалам, принимаемым для публикации в научно-техническом журнале «Технико-технологические проблемы сервиса».....115



НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ И ТИПОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМАХ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

"Что Вы будете делать, если узнаете, что платите за отопление улицы?"¹

Принцип «Наилучших доступных технологий» (НДТ) окончательно сформулирован в 1996 г. в Директиве по Комплексному предупреждению и контролю загрязнений (IPPC), 96/61/ЕС [1]. Данной Директивой Европейский союз (ЕС) определяет нормы, которым должны соответствовать промышленная и сельскохозяйственная деятельность, обладающие высоким потенциалом загрязнения. Фактически устанавливаются предельные нормы негативного воздействия на окружающую среду на основе применения наилучших существующих технологий в отношении трех компонентов окружающей среды – атмосферного воздуха, водных объектов и почвы. Принятию директивы предшествовали ряд концепций, формировавших политику развитых стран Европы и США в 80 – 90 е годы прошлого столетия.

В развитие Директивы в ЕС были разработаны и утверждены отраслевые справочники наилучших доступных технологий (Best Available Techniques REferences – BREF) [2]. При поддержке Фонда стратегических программ (SPF) Министерства иностранных дел Великобритании подготовлена и опубликована русская версия "Справочного документа по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности" (Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency) [3]. Справочник подготовлен в порядке информационного обмена по наилучшим доступным технологиям, а также достижениям и мониторингу в этой области, осуществляемого в соответствии со статьей 17(2) Директивы 2008/1/ЕС IPPC (Директива по комплексному предотвращению и контролю загрязнений) [2].

Подготовка документа выполнена Европейским бюро по предотвращению и контролю загрязнений и профинансирована Европейской Комиссией. Оригинальная версия документа (Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency) доступна на сайте Европейского бюро КПКЗ. Настоящий документ содержит выводы и рекомендации по

методам обеспечения энергоэффективности, которые считаются совместимыми с наилучшими доступными технологиями в общем смысле, для всех установок, на которые распространяются требования Директивы IPPC. Документ содержит ссылки на отраслевые Справочные документы по наилучшим доступным технологиям, содержащие подробное описание конкретных методов обеспечения энергоэффективности, применимых и в других отраслях.

НДТ отражает наилучший на сегодняшний день уровень защиты окружающей среды и обеспечения экологической безопасности. Директива 2010/75/ЕС о промышленных выбросах/сбросах/отходах и др. (комплексное предотвращение и контроль загрязнения ОС) дает определение НДТ (табл.2.1) как "наиболее эффективные новейшие разработки для различных видов деятельности, процессов и способов функционирования, которые свидетельствуют о практической целесообразности использования конкретных технологий (методов) в качестве базы для установления разрешений на выбросы / сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду и размещение отходов, а также других разрешений с целью предотвращения загрязнения, или, когда предотвращение практически невозможно, минимизации выбросов/сбросов в окружающую среду в целом".

На сегодняшний день опубликовано 26 отраслевых справочников НДТ. Справочники носят рекомендательный характер. Часть переведенных на русский язык справочников находится на сайте проекта «Гармонизация экологических стандартов II» <http://ipcc-russia.org/>.

В основе вводимой системы экологического нормирования на основе НДТ вводится принцип снижения уровня антропогенного воздействия в той мере – насколько это технически достижимо и экономически возможно (табл. 1). Причем речь должна идти о комплексной согласованной оценке такого воздей-

ствия, "перемещению загрязнения между разными природными средами" [3], а не защиту окружающей среды в целом.

Таблица 1 – **Наилучшие доступные технологии**¹

Определение	Содержание
Наилучшие	достигающие высокого уровня защиты ОС в целом наиболее эффективным способом
Доступные:	<ul style="list-style-type: none"> ◦ разработанные и готовые к внедрению в соответствующей отрасли ◦ экономически эффективные, технически осуществимые ◦ применимые для конкретного предприятия
Технологии (методы):	<ul style="list-style-type: none"> ◦ технологии ◦ технические решения (техника защиты ОС) ◦ способы проектирования и внедрения ◦ управление, обслуживание, эксплуатация ◦ вывод из эксплуатации

Этот принцип переносит акценты снижения антропогенного воздействия на применение наименее энерго- и ресурс- затратных технологий. Именно снижение энергетических ресурсных средств, затрачиваемых на производство продукции, т.е. энергоэффективность производимой продукции, напрямую связано с количеством теплового и химического воздействия на окружающую среду. Поэтому "наравне с традиционными показателями – объемами выбросов и сбросов – введены показатели энергоэффективности и эффективности использования сырья" [4].

Не смотря на то, что в России накоплена критическая масса знаний о возможности улучшения функционирования любой отрасли производства и сферы жизнеобеспечения, позволяющая использовать наилучшие доступные технологии, большинство российских предприятий и особенно сфера жизнеобеспечения по уровню технологического развития не соответствуют экологическим нормам, установленным по отношению к НДТ.

В настоящее время в РФ осуществляется разработка нормативно-правовой базы для перехода на нормирование негативного воздействия на окружающую среду с использованием НДТ (табл.2). В целях модернизации и технологического развития российской экономики и повышения ее конкурентоспособности в на-

стоящее время Указом Президента РФ от 07.07.2011 г. № 899 утверждены приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечень критических технологий Российской Федерации. Росстандартом в рамках приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации разработан ряд государственных стандартов Российской Федерации, направленных на внедрение НДТ.

Таблица 2 – **Критерии определения наилучших доступных технологий**

№ п/п	Определение
1.	Использование малоотходной технологии
2.	Использование менее вредных веществ
3.	Стимулирование регенерации и рециркуляции веществ, производимых и используемых при данном технологическом процессе, а также отходов, где это возможно
4.	Наличие сравнимых технологических процессов, производственного оборудования или методов эксплуатации, которые были с успехом апробированы на промышленном уровне
5.	Технический прогресс и развитие научных знаний и концепций
6.	Характер, воздействие и объем эмиссий
7.	Дата ввода в эксплуатацию новых или существующих объектов
8.	Период времени, необходимый для внедрения НДТ
9.	Потребление и характер сырья (включая воду), используемого в технологическом процессе, и эффективность энергопотребления
10.	Необходимость предотвращения или сведения к минимуму общего воздействия эмиссий на окружающую среду и опасностей, которым она подвергается
11.	Необходимость предотвращения аварий и сведения к минимуму их последствий для окружающей среды.

Распоряжением Правительства РФ от 19 марта 2014 г. №398-р утвержден комплекс мер, направленных на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий, перехода на принципы наилучших доступных технологий и внедрение современных технологий

Госдума РФ на заседании в июле 2014 г. приняла поправки в закон об охране окружающей среды о введении мер экономического стимулирования хозяйствующих субъектов для внедрения наилучших доступных технологий. Поправки призваны создать предприятиям экономические стимулы к снижению выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду. Стимулы основаны:

¹ Директива IPPC 2010/75/ЕС

- на введении поэтапного повышения платы за негативное воздействие на окружающую среду;
- введении системы комплексных экологических разрешений, выдаваемых при наличии программ повышения экологической эффективности;
- введении института государственной экологической экспертизы в отношении крупных инфраструктурных проектов.

Пределные величины и параметры негативного воздействия на окружающую среду должны определяться на основе НДТ, причем "без предписания использовать какую-либо определенную технологию или метод, но с учетом технических характеристик соответствующего объекта, его географического расположения и местных условий окружающей среды" [3].

Принятый в РФ ГОСТ Р 54097-2010 [4] устанавливает положения и требования к методологии идентификации НДТ (рис.1), в соответствии с которыми хозяйствующий субъект добивается ресурсо- и энергосбережения с одновременным снижением техногенной нагрузки на окружающую среду. Для отнесения применяемой технологии к НДТ используется логический подход (рис. 1). В данном нормативном документе [4] дается определение НДТ: "Технологический процесс, технический метод, основанный на современных достижениях науки и техники, направленный на снижение негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду и имеющий установленный срок практического применения с учетом экономических, технических, экологических и социальных факторов".

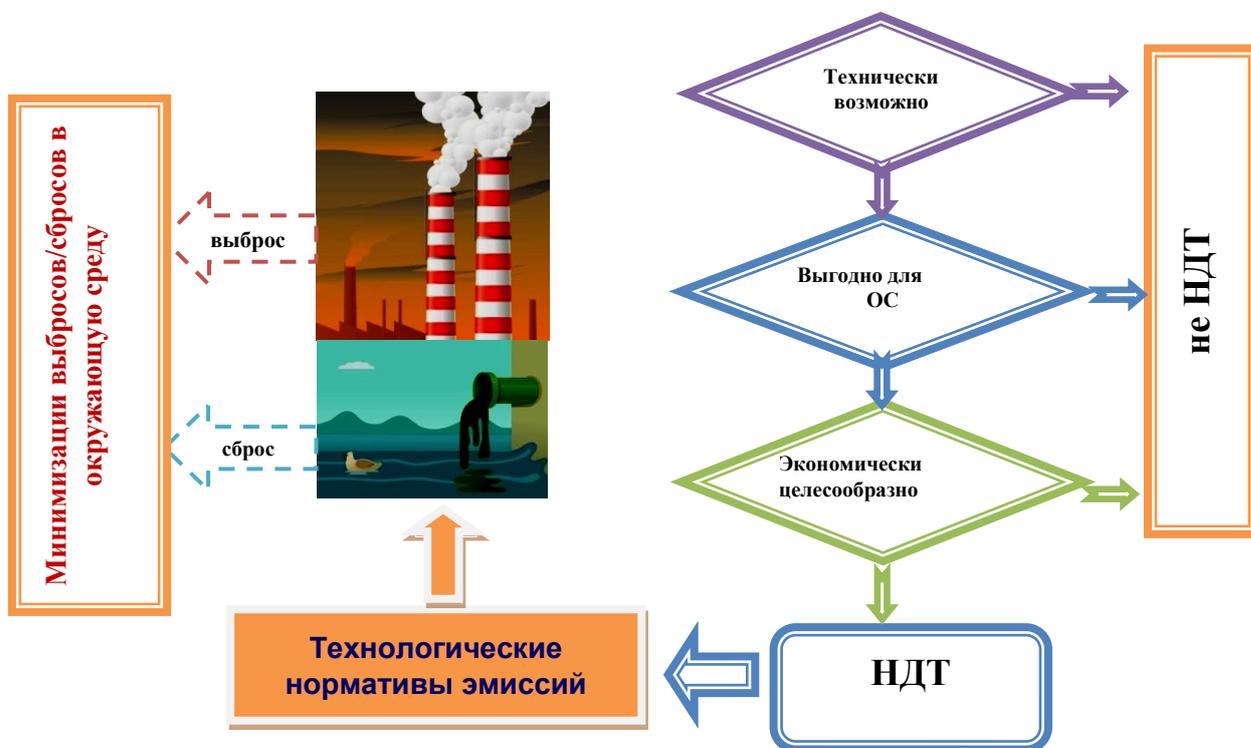


Рисунок 1 – Сущность и логический подход для принятия решения по НДТ

В настоящее время подготовлен проект распоряжения Правительства Российской Федерации об утверждении поэтапного графика создания в 2015–2017 годах 46 отраслевых справочников НДТ.

Так, в рамках реализации Постановления Правительства Российской Федерации от 20 сентября 2014 г. N 961 г. «Об организации работы по созданию общедоступного банка данных о наиболее эффективных технологиях, применяемых при модернизации (строительстве, создании) объектов коммунальной инфраструктуры» при активном участии НП «ЖКХ Развитие» продолжается работа над созданием справочника о наиболее эффективных технологиях в сферах теплоснабжения, газоснабжения, электроснабжения, водоснабжения и водоотведения.

К подготовке справочника подключились крупнейшие отраслевые организации, осуществляющие деятельность в сферах теплоснабжения и водоснабжения и водоотведения.

К подготовке справочника подключились крупнейшие отраслевые организации, осуществляющие деятельность в сферах теплоснабжения и водоснабжения и водоотведения.

В соответствии с протоколом заседания рабочей группы по разработке открытого справочника наилучших доступных технологий от 01 октября № 299-ПРМ-АЧ 22 октября НП «ЖКХ Развитие» совместно с ГК «Электропроект» представит на согласование Минстрою России шаблон информационной системы для размещения в открытом доступе разработанных справочников НДТ.

Минстрой России разрабатывает аналогичные справочники в сферах теплоснабжения, газоснабжения, электроснабжения, водоснабжения и водоотведения. Принятие данного документа в качестве нормативного позволит существенно сократить затраты при осуществлении модернизации объектов ЖКХ путем применения оптимальной технологии или оборудования при проведении модернизации объектов теплоснабжения, электроснабжения, водоснабжения и др. ремонтных работ в ЖКХ. Полное завершение данной работы с учетом объема стоящих задач планируется в конце 2016 года.

Поскольку само понятие НДТ относится не только и не столько к технологиям, применяемым в системах жизнеобеспечения зданий и сооружений, а, прежде всего, к процессам основного производства, применение принципа НДТ к объектам коммунального хозяйства предполагает немалую степень условности в определении понятия «основное производство». Для городской системы водоснабжения и водоотведения в качестве «основного производства» могут быть определены:

- потребление воды и сброс загрязняющих веществ абонентами;

- другие процессы, приводящие к поступлению сточных вод и загрязнений в систему канализации;

Для системы теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования могут быть определены:

- потребление тепла и теплозащита теплопроводов, также ограждающих конструкций зданий и сооружений (сбережение тепловой энергии);

- утилизация тепла вентилируемого воздуха и отходящих дымовых газов;

- генерация тепловой энергии в котельных, а также на когенерационных и иных установках.

Для системы энергоснабжения:

- количество потребляемой электроэнергии, ее потери, связанные с КПД установок;

- трансформация энергии и ее качество;

- электроотопление и управление потреблением энергии;

- освещение и др.

В ходе реализации процессов в системах жизнеобеспечения зданий и сооружений также происходит существенное воздействие

на окружающую среду, по крайней мере, по следующим направлениям:

- размещение отходов от процесса очистки, прежде всего, осадков сточных вод;

- выделение загрязняющих веществ в атмосферный воздух, почву и воду;

- шумовое загрязнение;

- тепловое загрязнение водных объектов и воздушного бассейна и др.

Соответственно справочно-информационный материал по НДТ для коммунального хозяйства не должен сводиться к описанию собственно технологий, применяемых в системах жизнеобеспечения зданий и сооружений. По мнению некоторых экспертов [6], в том числе и автора, в него должны войти: требования к мероприятиям по контролю за абонентами, к обеспечению рационального использования воды и энергетических ресурсов в населенном пункте в целом, по предотвращению потерь воды и энергоресурсов (включая исключение перетоков, излишнее потребление воды, засорение ливневых стоков), по обеспечению экологической безопасности работы всего комплекса сооружений (включая предотвращение выбросов и сбросов, выливаний, аварийных ситуаций).

Также необходимо ограничивать вторичное воздействие на окружающую среду от собственно работы очистных сооружений. В соответствующий блок обсуждаемого справочника по НДТ должны войти вопросы подготовки осадков и других отходов к утилизации, очистки газовых выбросов.

Очевидно, что чем выше потребление энергетических ресурсов, тем больше (хотя и непропорционально) негативное воздействие на окружающую среду. Поэтому без оптимизации процессов в системах жизнеобеспечения зданий и сооружений нельзя говорить о полноценном внедрении НДТ в организациях их эксплуатирующих, т. е. о том, что они сделали "все, что технически и экономически должно быть в их силах, чтобы минимизировать воздействие на окружающую среду" [6].

Здесь очевидны два основных пути оптимизации потребления воды и энергии:

1. *Уменьшение потребления* энергии и воды для отопления, для хозяйственно-бытовых целей должно достигаться при сохранении комфортного их использования для потребителя. Способами достижения этой цели со стороны снабжающей организации должны являться проводимые ею *технические мероприятия в системе централизованного отопления, электроснабжения и водоснабжения, снижающие потери энергии и воды и их неэффективное использование у потребителя (погодное регулирование температуры и расхода теплоноси-*

теля, выравнивание стояков внутренней тепловой сети, управление освещением коммунальных помещений и придомовых территорий, регулирование давления в системе водоснабжения, контроль оснащённости счетчиками электроэнергии и воды, и т. п.). Здесь и далее курсивом выделены формулировки предлагаемых НДТ.

Также важным критерием реализации данной НДТ должно являться проведение снабжающими организациями комплекса мероприятий по информированию населения о современных энергосберегающих бытовых и коммунальных приборах и устройствах.

Со стороны потребителя, т.е. организации, обеспечивающей функционирование систем жизнеобеспечения зданий и сооружений речь может идти лишь об *энергосбережении и сбережении водопотребления*.

Так по данным материалов [7] энергосбережение в области теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования может сократить платежи на коммунальные ресурсы на 40% ÷ 60%. В *системах отопления зданий* бюджетной сферы технический потенциал энергосбережения составляет в среднем 49 % по отношению к показателям энергоэффективности самых энергоэкономичных бюджетных зданий, строящихся в России. В *системах освещения* бюджетной организации этот потенциал составляет приблизительно 48 % от уровня потребления электроэнергии. В *системах потребления газа* в сфере услуг составляет 22 % от уровня его потребления (основная часть природного газа в сфере услуг используется для целей децентрализованного отопления)

В настоящее время при отсутствии справочников НДТ в области жизнеобеспечения зданий и сооружений широко публикуются материалы по применению типовых энергосберегающих мероприятий в зданиях и сооружениях. Рекомендуются, следующие мероприятия:

1. *Осуществление теплоизоляции стен (например, на основе технологии вентилируемых фасадов), перекрытий, дверей и др.*
2. *Установка эффективных водоразборных приборов*
3. *Установка эффективных окон*
4. *Установка теплоотражающих пленок на окнах*
5. *Осуществление теплоизоляции внутренних трубопроводов систем горячего водоснабжения*
6. *Осуществление теплоотражающих экранов за радиаторами*
7. *Установка регенеративных теплообменников в системах вентиляции*

8. *Установка тепловых насосов для утилизации тепла от бытовых стоков*

9. *Установка систем контроля протечек, регуляторов температуры отопительных приборов, сенсорных смесителей*

10. *Установка энергоэффективных осветительных приборов и соблюдение норм освещения*

11. *Комплексная автоматизация системы освещения и отопления по времени присутствия людей и другие возможности для энергосбережения*

Список использованных источников

1. Директива по комплексному предотвращению и контролю загрязнений, Директива КПКЗ. (Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency) [Электронный ресурс]. – URL: <http://eirpcb.jrc.ec.europa.eu/reference/> (дата обращения 05.09.2014).
2. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности. – 2009. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/60d/energo_1303.pdf (дата обращения 05.09.2014).
3. М.И. Сопоров, В.В. Нечаев, В.Я. Путилов, В.А. Сердюков, А.В. Конев Наилучшие доступные технологии – современный инструмент повышения энергоэффективности и снижения негативного воздействия энергопредприятий на окружающую среду. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.energosoвет.ru/stat/765.html> (дата обращения 05.09.2014).
4. ГОСТ Р 54097-2010 Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии. Методология идентификации [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.vsegost.com/Catalog/51/51033.shtml> (дата обращения 17.09.2014).
5. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года, ГАРАНТ.РУ: 8.02. 2013: [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70209010/#ixzz3EpEgpliD> (дата обращения 17.09.2014).
6. Данилович Д. А. Наилучшие доступные технологии для коммунального водоотведения ОАО «МосводоканалНИИпроект», 2011, 14 с.
7. Учебно-методический комплекс «Практические вопросы реализации государственной политики в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности», СПбГЭУ. – 2014 г. [Электронный ресурс]. – URL: <http://spb.energoberezhnie-dpo.ru/course/uchebno-metodicheskij-kompleks-2/> (дата обращения 05.09.2014)
8. [Электронный ресурс]. – URL: <http://portal-energo.ru/articles/index/id/72> (Дата обращения 05.11.14)

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ФИЛЬТРУЮЩИХ
ЭЛЕМЕНТОВ ФИЛЬТР-ОСУШИТЕЛЕЙ БЫТОВЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ
ПРИБОРОВ**А.В. Кожемяченко¹, М.А. Лемешко², А.В.Новиков³*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал)
Донского государственного технического университета (ИСОиП (филиал) ДГТУ),
346500, Шахты, ул. Шевченко, 147*

В статье рассмотрены причины засорения фильтрующих элементов фильтр-осушителей в процессе эксплуатации бытовых холодильных приборов компрессионного типа вызывающие снижение их энергетической эффективности. Сформулированы рекомендации по выбору фильтрующих элементов фильтр-осушителей и адсорбента используемого в них с целью повышения долговечности и снижения энергопотребления бытовым холодильным прибором в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: бытовой холодильный прибор, эксплуатационные отложения, фильтрующий элемент, фильтр-осушитель, энергетическая эффективность.

**STUDY OF PERFORMANCE FILTER-DRIER ELEMENTS HOUSE HOLD REFRIGERATION
DEVICES**A.V. Kozhemyachenko, M.A. Lemeshko, A.V. Novikov
*Institut service sector and enterprise (branch) of the Don State Technical University
(ISOiP (branch) DGTU), 346500, Schachty, str. Shevchenko, 147*

The article discusses the causes of clogging of the filter elements filter drier in the operation of household refrigeration appliances such as compression causes a reduction in their energy efficiency. Recommendations on the choice of filter elements filter drier and the adsorbent used in them in order to improve durability and reduce the energy consumption of household refrigerating appliance during operation.

Keywords: household refrigeration appliances, operating deposits, filter element, filter-drier, energy efficiency

Актуальность работы

В бытовых холодильных приборах (БХП) в условиях повышенных температур и давлений, при наличии электромагнитного поля, искровых разрядов и разнородных материалов происходят сложные гомогенные и гетерогенные физико-химические процессы между компонентами рабочей среды и материалами элементов агрегата, результатом которых является образование различных промежуточных и конечных продуктов. Совокупность этих продуктов образует загрязнения, количественный и

качественный состав которых в настоящее время изучен не достаточно полно. Это связано, в первую очередь, с малыми концентрациями веществ, участвующих в реакциях и малой скоростью их протекания во времени в процессе эксплуатации холодильной машины [1].

Наиболее подробно процессы взаимодействия компонентов рабочей среды и материалов элементов герметичных агрегатов изучены при моделировании реальных условий эксплуатации холодильных машин в запаянных трубках методами Элси и Филиппа-Тиффани [2].

¹Кожемяченко Александр Васильевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры "Технические системы жилищно-коммунального хозяйства и сферы услуг", ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты, моб.: +7 918 503 81 30, email: tabn@dssa.ru;

²Лемешко Михаил Александрович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры "Технические системы жилищно-коммунального хозяйства и сферы услуг", ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты, моб.: 8 988 252 85 53, email: tabn@dssa.ru;

³Новиков Артем Вадимович – студент механико-радиотехнического факультета, группы БХТ-Р51 ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты, моб.: +7 908 182 45 65, email: corppi@yandex.ru.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований, отражающих вопросы физико-химической стабильности системы «рабочая среда – элементы холодильных агрегатов», включая агрегаты бытовых холодильников, представлены в работах [3, 4] отечественных и зарубежных исследователей.

Доказано, что основными источниками образования большинства загрязнений являются химические реакции между маслом, хладагентом и влагой. Причинами наличия влаги являются недостаточная степень вакуумирования герметичной системы агрегата перед заправкой хладагентом: недостаточная степень обезвоживания масла и хладагента; недостаточная степень осушки отдельных элементов агрегата перед сборкой; попадание в систему агрегата частиц флюса или использование гигроскопичных материалов во встроенном электродвигателе хладагенового компрессора [4].

Наличие загрязнений вызывает уменьшение пропускной способности элементов жидкостной линии герметичного холодильного агрегата и, в частности, фильтр-осушителя, что в свою очередь обуславливает увеличение затрат энергии на получение единицы холода холодильной машиной [5].

Уменьшение пропускной способности фильтр-осушителя вызывает снижение массового расхода холодильного агента, который в этом случае скапливается в конденсаторе. Для достижения требуемого температурного уровня в соответствующих отделениях холодильника, компрессор работает с большим коэффициентом рабочего времени. При этом расход потребляемой электроэнергии возрастает и надежность машины снижается [6,7].

Учитывая вышесказанное, можно утверждать, что наиболее отрицательное влияние физико-химической нестабильности рабочей среды и элементов агрегата на снижение его работоспособности выражается в образовании эксплуатационных отложений, засоряющих внутренние полости элементов жидкостной линии, характеризующихся малыми проходными сечениями [8].

В литературных источниках практически отсутствуют сведения о допустимой степени загрязнения фильтр-осушителей бытовых холодильников, влияния их засорения на основные показатели качества герметичных агрегатов и, в первую очередь, на работоспособность, как один из основных показателей надежности машин [9,10].

Учитывая вышесказанное, обеспечение чистоты рабочей среды и внутренних поверхностей элементов холодильных агрегатов имеет важное значение в условиях массового производства современных моделей бытовых холодильников и морозильников, имеющих дополнительные дроссельные устройства, регенеративные теплообменники, регулировочные трех-

ходовые клапаны и высокооборотные компрессоры, характеризующиеся малыми проходными сечениями и низкими расходами рабочего тела. Использование вышеперечисленных элементов в системах холодильных агрегатов, наряду с повышением функциональных и температурно-энергетических параметров делает их более чувствительными к эксплуатационным отложениям, что может свести на нет все мероприятия по совершенствованию технического уровня бытовых холодильных машин.

Особую актуальность эта проблема приобретает при ремонте холодильников в условиях специализированных ремонтных предприятий, где вопросы диагностики проходимости отдельных элементов холодильных агрегатов и очистки их внутренних полостей играют решающее значение в обеспечении повышения качества восстановления исходной годности холодильных машин. Отсутствие данных о предельно допустимой степени засорения фильтр-осушителей, оборудования для объективной диагностики их проходимости, эффективного способа удаления эксплуатационных отложений из внутренних полостей элементов агрегата и стенда для его реализации не позволяют положительно решить задачи повышения надежности бытовых холодильных приборов.

Методика проведения экспериментальных исследований

Объектом экспериментальных исследований являлся герметичный холодильный агрегат производства ЗАО «Индезит» и фильтр-осушители двух моделей: с фильтрующей латунной полутомпаковой сеткой простого переплетения по ГОСТ 6613-93 и с фильтрующей сеткой простого саржевого переплетения по ГОСТ 4601-93 [11].

Экспериментальные исследования включали в себя:

- определение физико-химического состава эксплуатационных загрязнений на фильтрующих элементах реальных фильтр-осушителей;
- определение степени засорения фильтрующих элементов реальных фильтр-осушителей;
- теплоэнергетические испытания герметичного агрегата при различной степени засорения его жидкостной линии;
- определение влияния температурных режимов и агрессивных сред на прочность и долговечность клеевых композиций, разработанных для восстановления исходной годности подсистем БХП.

Для проведения исследования отсоединяли фильтр-осушители от агрегатов бытовых холодильников, поступивших в ремонт после 3-15-летней эксплуатации с последующей разрезкой и извлечением фильтрующих элементов.

Фильтрующие элементы распределяли по группам с учетом времени, места установки и вида фильтрующей сетки.

Степень и характер засорения фильтрующих элементов определяли визуально с использованием биологического микроскопа «Биолам Р7» исполнения У4.2.

При определении физико-химического состава эксплуатационных отложений проводили спектральный, химический, рентгеноструктурный и гранулометрический анализы.

Качественный состав загрязнений определяли спектральным анализом на кварцевом спектрографе типа ИСП-51.

Фильтрующие элементы предварительно прокаливали в муфельной печи при температуре 823 К в течение 3 часов с целью удаления органических соединений в виде смазочно-го масла, кислот, лаков и др.

Пробу прокаленных отложений в виде порошка набивали в отверстие угольного электрода и при возбуждении спектра эмиссии сжигали в дуге переменного тока /сила тока дуги 6-7 А. Полученный спектр фиксировали на фотопластинку и после проявления определяли качественный состав загрязнений по атласу спектральных линий для кварцевого спектрографа.

Потери органической части отложений определяли следующим образом. Отложения, извлеченные с фильтрующих элементов, разделили по цвету на 4 группы: черные, коричневые, желтые и белые, которые в количестве 2-3 г измельчали растиранием в агатовой ступке до мелкодисперсной массы. Навески подготовленных проб в количестве взвешенных с точностью не менее 0,0002 г на лабораторных рычажных весах по ГОСТ 9490-75, помещали в фарфоровый тигель по ГОСТ 9147-80, доведенный до постоянной массы путем выпаривания с его поверхности влаги при температуре 393 К в течении 0,5 часа.

Тигель с навеской помещали в муфельную печь и при температуре 1223÷1273 К выдерживали в течение часа, затем извлекали, охлаждали до температуры окружающей среды и взвешивали.

Содержание оксида натрия определяли пламенно-фотографическим методом на пламенном фотометре типа "Флафокол" производства ГДР с использованием смеси воздух - природный газ.

Перевод пробы в раствор осуществляли её разложением фтористо-водородной по ГОСТ 10484-78 и серной по ГОСТ 2204-80 кислотами.

В платиновую чашку по ГОСТ 6563-75 отвешивали около 0,4 г пробы с погрешностью не более 0,0002 г. Навеску смачивали несколькими каплями воды по ГОСТ 6709-72, добавляли 15 мл фтористо - водородной кислоты, 0,5 мл серной кислоты и упаривали на песчаной бане. Затем чашку охлаждали, добавляли 12,5 мл соляной кислоты по ГОСТ 3118-77, разбав-

ленной в отношении 1:2 и нагревали до полного растворения осадка. Полученный раствор "А" переносили в мерную колбу по ГОСТ 1770-74 вместимостью 250 мл, который использовали для определения содержания оксидов натрия, железа, алюминия и оксидов редкоземельных элементов /РЗЭ/ в исследуемых пробах.

Аналогично готовили растворы холостого опыта, используемые при замене реактивов.

Параллельно готовили стандартные растворы, содержание соответственно $1,55 \times 10^{-6}$; $3,1 \times 10^{-6}$; $6,2 \times 10^{-6}$; $9,3 \times 10^{-6}$; $12,4 \times 10^{-6}$; $18,6 \times 10^{-6}$ г/мл оксида натрия, путем смешивания дистиллированной воды, фиксанала "натрий хлористый" и соляной кислоты.

При подготовке фотометра к работе нулевую точку шкалы гальванометра устанавливали по дистиллированной воде, а стопроцентную точку – по наибольшему стандартному раствору оксида натрия. Затем строили калибровочный график зависимости показаний прибора от оксида натрия в стандартных растворах, по которому концентрацию оксида натрия в анализируемом растворе "А".

Содержание оксида железа определяли методом, основанном на способности сульфосалициловой кислоты образовывать в аммиачном растворе желтое соединение, так и с ионами трехвалентного железа ионами двухвалентного железа /П/. Для этого готовили растворы железа /Ш/, нулевой раствор и раствор холостым в мерные колбы вместимостью 100 мл при помощи микробюретки помещали последовательно 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 мл раствора и 25 мл раствора холостого опыта. В каждую колбу добавляли дистиллированную воду до объема 50 мл, 1 г сухого аммония, 5 мл 20 %-го раствора сульфосалициловой кислоты, после чего помещивали аммиак до появления желтой окраски раствора.

На калориметре с синим светофильтром / $\lambda = 420 \div 430$ мкм/, в кювете с рабочей гранью, равной 20 мм, измеряли оптическую плотность раствора. Строили калибровочный график зависимости оптической плотности от концентрации оксида железа, по которому определяли содержание оксида железа в анализируемом растворе.

Содержание оксида алюминия определяли методом, основанным на титровании избытка раствора трилона "Б" раствором сернокислого цинка при РН=5 в присутствии индикатора ксиленолового оранжевого.

Для проведения анализа готовили ацетатный буферный раствор с РН=5÷5,5, растворы сернокислого цинка и трилона "Б" и определяли соотношение их объемов, готовили стандартные растворы окиси и определяли титр раствора трилона "Б" по окиси алюминия.

Затем в коническую колбу для титрования вместимостью 250 мл помещали адекватную часть раствора "А", равную 20 мл. Туда же добавляли 10 мл раствора трилона "Б", доводя рН среды до 3,0, добавляя по каплям водный аммиак, разбавленный 1:1. Смесь кипятили в течение 3 мин., после чего добавляли 10 мл ацетатного буферного раствора с рН=5,0-5,5. Раствор охлаждали до температуры окружающей среды и титровали серноокислым цинком в присутствии нескольких капель 0,1% -ого раствора ксиленолового оранжевого до перехода окраски от соломенно-желтой до розовой или сиреневой.

Содержание диоксида кремния определяли калориметрическим методом, сущность которого заключается в способности кремния образовывать с молибдатом аммония оранжевый комплекс. Метод основан на дифференциальном калориметрировании синего кремнемолибденового комплекса.

Аналогично, вышерассмотренным опытом, готовили соответствующие растворы для проведения анализа.

После этого в мерные колбы вместимостью 100 мл помещали порции по 15, 20, 25 мл рабочего стандартного раствора и адекватную порцию 10 мл рабочего анализируемого раствора. Затем в каждую колбу приливали по 40мл дистиллированной воды, по 2 мл соляной кислоты, по 5мл 5%-го раствора молибдата аммония. Через 15 минут в каждую колбу добавляли по 5 мл восстановительной смеси, а через 30-40 минут проводили измерение оптической плотности исследуемых растворов на фотоэлектрокалориметре в кювете с рабочей гранью, равной 10 мм и красным светофильтром / $\lambda=687$ мкм/.

Анализ проводили на фотоэлектрокалориметре типа ФЭК-М, для которого в качестве нулевого раствора принимали смесь, содержащую 20 мл стандартного раствора, устанавливаемого на давление 0,25 шкалы плотности.

Для построения градуировочного графика на оси абсцисс откладывали концентрацию рабочих стандартных растворов, на оси ординат – соответствующие значения оптической плотности, по которому определяли содержание диоксида кремния.

За истинные потери неорганической части отложений и содержание в последних оксидов натрия, железа, алюминия и диоксида кремния брали среднее арифметическое между результатами параллельных опытов, расхождение между которыми не превышало 5 % относительно средней величины при доверительной вероятности 95 % / 12,46 /.

Гранулометрический состав отложений определяли ситовым и седиментометрическим методами.

При реализации ситового метода определяли содержание фракции отложений разме-

ром более 0,1 мм. Для этого на поддон прибора модели 029 Усманского механического завода последовательно устанавливали сита №№0100, 0160, 0315 с проволочными ткаными сетками по ГОСТ 3584-73 нормальной прочности. На верхнее сито помещали пробу отложений в количестве $10 \pm 0,01$ г. Рассев производили в течение 15 минут, после чего остатки на ситах взвешивали с погрешностью 0,01 г, достаточной для данных испытаний.

За истинное содержание фракции отложений более 0,1 мм принимали среднее арифметическое между результатами двух параллельных опытов. При этом суммарная масса всех фракций не превышала 101 %, а нижний предел составлял 97 %.

При реализации седиментометрического метода определяли содержание фракций отложений размером менее 0,04 мм, сущность которого заключается в последовательном отборе проб суспензии с известной глубиной и определении количества твердой фазы в пробе, выраженной в процентах от массы начальной пробы.

Навеску пробы отложений массой 5-10 г, взвешенную с точностью $\pm 0,01$ г, помещали в цилиндрическую емкость и заливали дистиллированной водой до объема $V=75$ мл, перемешивая смесь в течение 15 минут. Затем пробу переносили в цилиндр, который плотно пробкой и, доведя объем смеси до 500 см³ добавлением дистиллированной воды, в течение 1 минуты поворачивали цилиндр на 180° при температуре окружающей среды 293-298 К.

После чего пробы отбирали пипеткой через промежутки времени, определяемые по формуле:

$$\tau = \frac{18 \cdot H \cdot n}{(\rho_{абв} - \rho_b) \cdot g \cdot d^2}, \quad (1)$$

где: H – высота оседания осадка; n – коэффициент вязкости седиментационной жидкости; d – диаметр частицы; g – ускорение силы тяжести; $\rho_{абв}$ – плотность частицы, поры которой заполнены седиментационной жидкостью; ρ_b – плотность седиментационной жидкости.

Отобранные пробы переносили в фарфоровые тигли, туда же суспензии на стенках пипетки, используя дистиллированную воду. Затем прокаливали тигли в муфельной печи при температуре 1023 К в течение 1 часа и после их остывания в эксикаторе до температуры окружающей среды взвешивали с точностью не более 0,0001 г на рычажных весах.

Массу твердой фазы определяли, как разность между массами тиглей с осадком и пустого.

За истинное содержание фракции принимали среднее арифметическое двух параллельных опытов, расхождение между которыми

ми не превышает 16 % относительно среднего значения при 95%-ной доверительности.

Рентгеноструктурный анализ адсорбента проводили на рентгеновском дифрактометре УСР-50 ИМ с использованием рентгеновской трубки типа БСВ-6, счетчика Гейгера типа МСГР-4, гониометра типа ГУР-4 и гониметрической приставки типа ГП-4 с вращением образца в собственной плоскости.

Образцы адсорбента, извлеченного из фильтр-осушителей при разборке их корпуса, разделяли на четыре группы, отличающихся по цвету (жёлтая, коричневая и черная), измельчали в ступке до фракции, проходящей через сито № 0053 и в количестве около 0,3 г помещали в кварцевые кюветы.

Рентгенограммы получали при следующих условиях: излучение ($\lambda=1,54 \text{ \AA}$), напряжение на рентгеновской трубке - 25 кВ, высота освещенной части образца - 15 мм, щель счетчика - 0,25x8 мм, скорость вращения счетчика - 1 град/мин, скорость вращения диаграммной ленты - 720 мм/час.

Полученная на диаграммной ленте самописца типа ЭПП-04 рентгенограмма представляет собой кривые распределения дифрагированных исследуемым образом рентгеновских лучей по углам, отсчитываемым в экваториальной плоскости гониометра от направления первичного пучка. Углы дифракции переводили по таблицам $n\lambda=2d\sin\theta$ в межплоскостные расстояния. Полученный набор межплоскостных расстояний сравнивали с набором межплоскостных расстояний нового чистого адсорбента.

Результаты экспериментальных исследований

Эксплуатационные отложения, присутствующие в герметичной системе малой холодильной машины, могут включать органические и неорганические соединения. С целью удаления и определения количества органических соединений в отложениях пробы белого, желтого, коричневого и черного цветов подвергали прокаливанию с предварительным и последующим определением массы. Процент по массе удаленных органических соединений при термообработке проб составил:

- для отложений белого цвета - 0,88
- для отложений желто-коричневого цвета - 0,99
- для отложений черного цвета - 3,4

Аналогичные результаты получены при прокаливании проб адсорбента, извлеченного из соответствующих фильтр-осушителей и имеющих тот же цвет.

Результаты термообработки проб отложений и адсорбента показывают, что изменение их цвета на более темный связано с присутствием органических соединений.

Спектральный анализ термически обработанных проб отложений при сравнении со

спектральными линиями атласа для кварцевого спектрографа показал, что по химическому составу эксплуатации отложения в основном содержат: оксиды натрия, железа, меди, диоксид кремния, а также цинк, марганец и другие соединения.

При проведении количественного анализа и определения процентного соотношения вышеперечисленных неорганических соединений получены результаты:

- алюминия - 30,0 % масс пробы;
- натрия - 12,3 % масс пробы;
- кремния - 6,8 % масс пробы;
- железа - 12,0 % масс пробы;
- меди - 21,0 % масс пробы;
- марганца, цинка и других соединений - 17,9 % масс пробы.

Первые три составляющие неорганической части отложений представляют собой продукты распада адсорбента - цеолита типа NaA-2МШ, что в сумме составляет 49,1 % всей массы отложений. Следовательно, есть все основания утверждать, что одним из основных источников образования эксплуатационных отложений в системе холодильного агрегата является фильтр-осушитель и, в частности, помещенный в нем адсорбент, продукты распада которого представляют белую массу.

Остальная часть неорганических соединений образует в совокупности с частицами адсорбента желто-коричневую массу отложений, отложения являются продуктами деструкции лаковой изоляции статора встроенного электродвигателя и смазочного масла, так как фильтрующие элементы с черными отложениями были установлены в фильтр-осушителях, снятых с герметичных агрегатов, поступивших в ремонт с дефектом "грязное" сгорание электродвигателя компрессора.

При проведении гранулометрического анализа эксплуатационных отложений ситовым и седиментометрическими методами определили, что 85,3% масс отложений состоит из фракции частиц размером более 63 мкм и задерживается фильтрующими элементами. Учитывая тот факт, что максимальный размер ячеек сеток простого переплетения в свету составляет 125 мкм, одновременное прохождение двух частиц этого размера через неё невозможно.

Результаты анализа фракционного состава эксплуатационных отложений показывали, что около 15 % частиц не задерживаются фильтр-осушителем. Учитывая, что внутренний диаметр капиллярной трубки составляет 0,8 мм, эта масса отложений поступает далее в систему данного агрегата или засоряет дроссельный элемент. Таким образом, применяемые в настоящее время фильтрующие сетки простого переплетения не обеспечивают требуемой тонкости фильтрования рабочей среды, и вопрос выбора оптимальных размеров филь-

рующего элемента требует дополнительного обоснования.

С целью определения причин, вызывающих изменение цвета, адсорбент с белого на желтый, коричневый и черный, был проведен рентгеноструктурный анализ проб адсорбента соответствующих цветов, при котором определяли содержание чистого в фазовом отношении цеолита типа NaA.

В качестве сравнительного брали новый адсорбент. Исследуемые образцы адсорбента не содержали в себе чистый в фазовом отношении продукт – цеолит типа NaA. Это связано с тем, что цеолит типа NaA-2МШ содержит не менее 20 % связывающего материала, в качестве которого используют кремнезем. Такая пропорция компонентов соответствует новому неиспользованному адсорбенту белого цвета, изменении цвета адсорбента на более темный происходит снижение чистого в фазовом отношении цеолита NaA, что указывает структурное разрушение под воздействием органической части рацийонных отложений и примесей, вызывающих его потемнение [7].

Уменьшение содержания чистого в фазовом отношении цеолита типа NaA в исследуемых пробах приводит к снижению их влагоемкости в соответствующей пропорции. Так, например, поглотительная способность по влаге пробы адсорбента черного цвета составила 6,75%, а белого неиспользованного цеолита – 12 %.

Выводы:

На основании результатов, проведенных физико-химических анализов проб адсорбента и эксплуатационных отложений на фильтрующих элементах фильтр-осушителей, можно сделать следующие основные выводы:

- эксплуатационные отложения на фильтрующих элементах содержат до 3,4% масс органических соединений и до 99,12 % масс неорганических, среди которых, в свою очередь, 49,1 % составляют продукты в виде диоксида кремния, оксида натрия и, частично, оксида алюминия;

- около 15% масс эксплуатационных отложений с фракцией размерами до 63 мкм не задерживаются сетками простого переплетения, которые используются в современных моделях фильтр-осушителей;

- используемый в настоящее время цеолит типа NaA-2МШ в эксплуатации претерпевает необратимые структурные изменения, снижающие его поглотительную способность, что обуславливает нецелесообразность его регенерации с целью повторного использования при ремонте герметичных агрегатов;

- с целью повышения энергетической эффективности работы бытового компрессионного холодильного прибора необходимо использовать адсорбент более высокой степени изно-

стойкости и более эффективные фильтрующие элементы.

Литература

1. Малкин Л.Ш. Применение запаянных трубок для исследования химической стабильности материалов холодильных машин. Холодильная техника. – 1968. – № 1. – С.52-54.
2. Elsey H.M., Flowers K.C. and Kelley J.B. – Refr. Engng. – V.60. – 1952. – № 7. – P.737.
3. Кожемяченко А.В. Влияние эксплуатационных примесей на работоспособность холодильных агрегатов. – Экспресс-информ. /ЦБНТИ МБОН РСФСР, сер. Ремонт бытовой техники. – 1984. – Вып.3. – С.1-10.
4. Малкин Л.Ш., Колин В.Л. Осушка и очистка малых холодильных машин. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 152 с.
5. Borchardt.I. Reaction des frigigerhes avec les huiles. – Revue pratigue du froud et du contionnement d'air. – 1979. – N 472; P.59-62
6. Кожемяченко, А.В. Результаты испытания агрегата БХП в условиях воздействия эксплуатационных факторов [Текст]/А.В.Кожемяченко, С.П.Петросов //Известия ВУЗов. Северокавказский регион. Технические науки. – 2006, № 10. С. 134-136.
7. Кожемяченко, А.В. Влияние загрязнений на работоспособность герметичных агрегатов бытовых холодильников и повышение их эксплуатационных характеристик при ремонте [Текст] / А.В. Кожемяченко // Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук, специальность 05.02.12 – М., 1988 г.
8. Кожемяченко, А.В. Результаты испытания агрегата бытового холодильного прибора в условиях воздействия эксплуатационных факторов [Текст] / А.В. Кожемяченко, С.П. Петросов // Известия вузов Сев.-Кавк. регион техн. науки. – 2006. – Приложение № 10. – С. 77-81
9. Кожемяченко, А.В. Определение предельных значений засорения фильтр-осушителей бытовых холодильных приборов [Текст] / А.В. Кожемяченко. – Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады Всероссийской научн.-техн. конф.: под общей ред. чл.корр. Российской акад. Наук В.П.Мешалкина. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2009. – С.99-102
10. Кожемяченко, А.В. Определение предельно допустимых значений энергетических показателей качества бытовых компрессионных холодильных приборов [Текст] / А.В. Кожемяченко, С.П. Петросов, М.А. Лемешко, В.В. Рукаевич // Известия вузов. Сев. Кавк., регион. техн. науки, 2013 г. - №6. – С 132-138
11. Кожемяченко, А.В. Диагностирование технического состояния бытовых холодильных машин [Текст] / А.В. Кожемяченко, М.А. Лемешко, В.В. Рукаевич // Известия вузов Сев.-Кавк. регион техн. науки. – 2012. – № 4. – С. 110-115.

ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИКИ СОВРЕМЕННЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В.М. Пестриков¹, В.Е. Евкарпиев²

¹Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения (СПбГИКиТ),
191119, г. Санкт-Петербург, ул. Правды, 13;

²Санкт-Петербургский государственный экономический университет (СПбГЭУ),
191023, г. Санкт-Петербург, ул. Садовая, 21.

Рассмотрены особенности диагностики современных автотранспортных средств. Уделено внимание диагностике двигателя автомобиля с помощью мотор-тестера. Приведен метод диагностики топливной системы автомобиля на основе теста «Баланс форсунок». Показано использование диагностического сканера для определения параметров расхода топлива и их сравнение с нормативными.

Ключевые слова: диагностика, оптимальный режим, неисправности, дефекты, фиксация отклонений, диагностические параметры, оценка стоимости

DIAGNOSTIC FEATURES OF MODERN MOTOR VEHICLES

VM Pestrikov, VE Evkarpiev

St. Petersburg State Institute of Film and Television (SPbSIFT)? 191119, St. Petersburg, ul. Pravdy, 13;

St. Petersburg State University of Economics (SPbSEU),
191023, St. Petersburg, Sadovay, 21.

Considered features of modern diagnostics of vehicles. Attention is paid to the diagnosis of motor vehicle using a motor-tester. A method for diagnosing the vehicle fuel-based test "Fuel Injector Balance." Shows the use of a diagnostic scanner to determine the parameters of fuel consumption and their comparison with normative.

Keywords: diagnosis, optimal mode, malfunction, defect, fixing on - deviations, diagnostic parameters, estimation of cost

Нынешняя экономическая ситуация на мировом топливном рынке ведет к тому, что происходит удорожание эксплуатации автотранспорта. Все это заставляет владельцев таких транспортных средств обращать пристальное внимание их оптимальный режим работы, который в первую очередь зависит от грамотной диагностики его узлов [1]. Экономия топливно-эксплуатационных ресурсов современного автомобиля напрямую зависит от оптимально выверенных параметров работы всех узлов и агрегатов автомобиля.

Техническая диагностика, как правило, состоит из теории, методов и средств определения технического состояния объектов. Целью технического диагностирования является определение технического состояния объектов.

В разделе 017000 Общероссийского Классификатора Услуг Населению ОК 002-93 (ОКУН) под кодовым номером 017104 представлена услуга автосервиса «Контрольно-диагностические работы», которая характеризуется необходимостью определения техниче-

ского состояния автомобиля в целях его безопасной эксплуатации, проверки соответствия показателей эксплуатационных свойств нормативным значениям, определения неисправностей, оценки стоимости АТС и восстановительных работ при устранении дефектов и т.п.

Диагностирование включает в себя три основных этапа: фиксация отклонений диагностических параметров от их номинальных значений; анализ характера и причины возникновения этих отклонений; установление величины ресурса исправной работы. Для внешнего диагностирования используются диагностические комплекты оборудования, приборов и приспособлений, а также посты и участки диагностирования на пунктах и станциях ТО.

В настоящее время широкое распространение получили встроенные средства «бортового» диагностирования машин. Их преимуществом является то, что они позволяют диагностировать автомобиль в процессе эксплуатации.

¹Пестриков Виктор Михайлович – доктор технических наук, профессор кафедры "ГМУ" СПбГИКиТ, тел.: +7 911 249 52 49, e-mail: pvm205@yandex.ru;

²Евкарпиев Владислав Евгеньевич – старший преподаватель кафедры "Технология обслуживания транспортных средств" СПбГЭУ, телефон: +7 911 231 55 99.

На рис.1 приведена классификация средств диагностики автомобилей. Заметим, что сочетание встроенных и внешних средств диагностирования повышает уровень достовер-

ности получаемой информации значительно, что ведет к снижению вероятности пропуска отказов.



Рисунок 1 - Классификация средств диагностики автомобилей

В зависимости от технических средств и диагностических параметров, среди известных современных методов диагностирования, преобладающее использование имеет компьютерная диагностика.

Компьютерная диагностика автомобиля позволяет производить тестирование различных электронных систем и исполнительных механизмов автомобиля, влияющих на работу бортовых систем, а также выявить неисправности, связанных с работой электронных систем автомобиля. На основании полученных данных составляется диагностическая карта неисправностей для последующего ремонта и устранения неполадок, связанных с автомобильным электрооборудованием и исполнительными системами.

Все электронные бортовые системы автомобиля оснащены системами самодиагностики. Эти системы необходимы для управления исполнительными механизмами автомобиля, непрерывного тестирования в момент запуска и работы двигателя. Системы самодиагностики информируют о возможных неисправностях узлов и агрегатов, а также отслеживают межсервисные интервалы и напоминают водителю о необходимости своевременного прохождения технического обслуживания автомобиля.

Оборудование для компьютерной диагностики должно поддерживать стандарты интерфейсов, перечисленные ниже в порядке от ранних до более поздних:

ALDL (Assembly Line Diagnostic Link) и протокол для тестирования модулей управления двигателями (*ECM*) – диагностическая система автомобилей, разработанная фирмой *General Motors*;

OBD-I (On-Board Diagnostic) – Бортовая диагностика, регулирующая намерения побудить автопроизводителей, разрабатывать на-

дежные системы контроля за выбросами *Emission control system*;

OBD-II (On-board diagnostics) – бортовая диагностика, предоставляет полный контроль за двигателем. Позволяет проводить мониторинг частей кузова и дополнительных устройств, а также диагностирует сеть управления автомобилем.

EOBD (European On Board Diagnostic) – Европейская бортовая диагностическая система, основана на спецификации *OBD-II*. Эта система была введена при разработке требований мониторинга и сокращения выбросов от автомобилей *EURO 3*.

JOBD (Japan On-Board Diagnostic) — является версией *OBD-II* для автомобилей, проданных в Японии.

На сегодняшний день существует большое количество диагностического оборудования. Станции технического обслуживания автомобилей, как правило, используют различные диагностические адаптеры, дилерские сканеры и приборы дилерского уровня, предназначенные для диагностики определенной марки или группы авто.

Все оборудование для диагностики легковых автомобилей делится на несколько групп: диагностическое оборудование, предназначенное для дилерской диагностики и диагностическое оборудование для мультимарочной диагностики машин.

Диагностическое оборудование для дилерской диагностики предназначено для диагностики автомобилей любых моделей одного производителя: *BMW, Ford, Honda, Mercedes-Benz, Opel, Porsche, Renault, Toyota, Citroen, Peugeot, Chrysler, Mitsubishi, Nissan, Subaru, Volvo*. Либо для диагностики автомобилей, входящих в одну производственную группу: *VAG (Audi, Skoda, Volkswagen, SEAT), GM (Buick, Cadillac, Chevrolet, GMC,*

GM Daewoo, Pontiac, Holden, Pontiac, Saturn, Saab, Vauxhall, Wuling, Hummer). Диагностическое оборудование для дилерской диагностики позволяет осуществлять работу по поиску неисправностей на самом высоком техническом уровне.

Мультимарочное оборудование для диагностики автомобилей применяется в автомобилях различных марок и моделей. Такое оборудование для диагностики имеет очень широкий охват и богатый функционал, что позволяет обходиться всего одним прибором с набором адаптеров, при обслуживании различных автомобилей. Этой группе диагностического оборудования следует уделить особое внимание, если вы планируете организовать обслуживание и диагностику автомобилей различных производителей.

Диагностическое оборудование на базе ПК имеет достаточный функционал и поддерживает различные автомобили Европейского, Американского, Азиатского и Российского производства. Основной функционал таких автосканеров это работа с кодами ошибок. Оборудование на базе ПК, компактное, и простое в эксплуатации, что позволяет использовать его не только в автосервисах, но и в небольших автомастерских. Это диагностическое оборудование требует наличия стационарного компьютера или ноутбука для установки на него программного обеспечения, которое позволит адаптеру взаимодействовать с ПК. Программа для диагностики автомобиля чаще всего имеет русскоязычный интерфейс, что облегчает процесс диагностики автомобиля.

Портативное оборудование для диагностики автомобилей имеет необходимый функционал для определения неисправностей автомобиля, его ходовой части, двигателя и прочих систем путем чтения и расшифровки кодов ошибок. Так как портативные автосканеры работают по протоколу OBD 2, а это означает, что они могут взаимодействовать с большинством современных автомобилей. Плюсами такого оборудования является не только малые габариты и небольшой вес, но и отсутствие необходимости подключения к компьютеру. Портативное оборудование, благодаря этому фактору, занимает лидирующие позиции в экономном ценовом сегменте. Простота пользования и низкая цена делают портативное диагностическое оборудование доступным для каждого автолюбителя, мастерской, СТО.

Еще одна группа диагностического оборудования это *автосканеры* грузового транспорта. Они предназначены для профессионального использования на автосервисах и СТО грузовых автомобилей, автобусов отечественного и зарубежного производства: MAN, Volvo, Iveco, Renault, Scania, DAF, Mercedes-Benz, Volvo, КамАЗ.

Для детальной диагностики двигателя автомобиля применяют *мотор-тестеры*. Этот тип тестов позволяет работать с системой зажигания, газораспределения и топливоподачи. Мотор тестеры, а также осциллографы с достаточной точностью регистрируют показания, которые после тщательного анализа программ дают исчерпывающую информацию о состоянии мотора [2].

Быстрыми темпами набирает популярность дистанционная диагностика, одна из функциональных возможностей сервиса Onstar от General Motors. Следует отметить, что телематические платформы, несмотря на то, что являются самостоятельными средствами диагностики, но все еще используются в качестве вспомогательного оборудования наряду с инструментами от изготовителя.

Компания Daimler Trucks North America (дилерский автосканер Star Diagnosis SD Connect) предлагает услугу «Виртуальный помощник», которая представляет собой систему передачи данных о состоянии автомобиля и дистанционной диагностики в реальном времени.

Новый диагностический комплекс Mercedes Star Diagnosis Compact 4 содержит диагностический сканер SD connect, рис.2. Основным отличием этого сканера является возможность диагностики автомобилей не только через кабельное сетевое соединение LAN, но и по беспроводному каналу WI-FI. Наличие такой функции, как беспроводной канал WI-FI в мультиплексе SD connect позволяет сделать проведение диагностики максимально удобной и комфортной. В этом случае, нет необходимости перемещать монитор и компьютер от одной машины к другой, достаточно лишь подключить интерфейс. Сканер SD connect поддерживает полноценную диагностику как легкового, так и коммерческого транспорта с бортовым напряжением 24В, а также предоставляет возможность проведения диагностики всех моделей автомобилей компании Mercedes, независимо от их года выпуска.



Рисунок 2 – Общий вид диагностического сканера SDconnect с комплектом составляющих его устройств [3].

Прогноз рынка показывает постепенное продвижение телематических средств диагностики. Они должны занять на нем устойчивое место, только после разработки соответствующего программного обеспечения [4].

Диагностирование топливной системы автомобилей позволяет выявить забитые и неисправные форсунки. Для этого, обычно, используется тест "Баланс форсунок". Тест основан на оценке пульсаций давления в топливной системе при работе форсунок [5].

Чаще всего встречается два типа топливных систем:

1. Система с РДТ (регулятор давления топлива), установленным на топливной рампе:

К топливной рампе подведено два патрубка: первый – подача топлива, второй - слив избыточного топлива. Регулятор давления представляет собой мембранный регулятор избыточного давления, поддерживающий давление топлива на уровне 3 бар. Избыток топлива возвращается через регулятор давления по трубке обратного слива топлива в топливный бак.

2. Система с РДТ (регулятор давления топлива), установленном на топливном насосе в баке.

Установочное положение топливопровода высокого давления, регулятора давления и форсунок зависит от конструкции конкретного двигателя. Топливный насос расположен в топливном баке и подает топливо под давлением не менее 3 бар. Топливо поступает из топливного бака в топливопровод высокого давления, откуда оно равномерно распределяется топливной рампой по четырем форсункам. Количество впрыскиваемого топлива зависит от времени открытия форсунки.

Регулятор давления установлен с одного конца топливопровода высокого давления. Непосредственная связь регулятора давления с впускным коллектором обеспечивает поддержание постоянной разницы между давлением во впускном коллекторе и давлением топлива. Таким образом, количество впрыскиваемого топлива не зависит от давления во впускном коллекторе, а зависит только от времени открытия форсунок.

Функция РДТ – поддержание постоянного давления в топливной системе. Однако, при открытии форсунки давление в системе в начале падает скачкообразно, а затем плавно восстанавливается. Следовательно, существует прямая зависимость: чем больше скачек при сбросе топлива – тем больше расход топлива через форсунку. Логично сделать вывод, что, сравнивая пульсации давления с разных форсунок, можно оценить их состояние. Отследить эти пульсации манометром не представляется возможным из-за его инерционности.

Изменение давления можно отследить по деформации патрубков. Специально для этих целей был разработан датчик вибрации, который устанавливается на топливоподводящий патрубок для регистрации его деформации.

Для проведения диагностики следует подключить датчик к мотор-тестеру, к любому

из его аналоговых каналов, рис.3. Если при максимальной чувствительности амплитуда сигнала слишком мала, то можно воспользоваться дополнительным аппаратным усилителем.



Рисунок 3 – Мотор-тестер-III [6]

Для настройки мотор-тестера необходимо включить два канала: аналоговый, к которому подключен датчик, и логический канал. Для логического канала следует выбрать *автоматическую настройку*. Аналоговый канал настраивают на диапазон $0,1 \dots 0,2 \text{ В}$. Для резиновых патрубков необходима меньшая чувствительность, для пластиковых – большая. Развертка – $10 \dots 50 \text{ КГц}$.

Запись осциллограммы проводится при полностью прогретом двигателе, работающем на холостом ходу. На рис.4 приведена осциллограмма пульсаций давления в топливной рампе *исправного* автомобиля марки ВАЗ2109.

Анализ осциллограммы, рис.4, показывает, что амплитуда каждого импульса соответствует пропускной способности форсунки. Чем ниже вершина импульса, тем больше топлива впрыснула форсунка.

На рис.5 приведена осциллограмма пульсаций давления в топливной рампе автомобиля марки ВАЗ2109 с повышенным расходом топлива. Как видно из рис.5, повышенный расход топлива в диагностируемом автомобиле марки ВАЗ2109 связан с неисправностью 1 и 3 форсунок: 1я - практически полностью непроходима, а 3я форсунка забита частично. Как известно при частичной или полной непроходимости форсунок значительно падает мощность двигателя.

Определение параметров расхода топлива. В качестве примера, рассмотрим диагностику работы ДВС автомобиля Mercedes-Benz М1-350, проведенную в Учебно-экспериментальном производственном подразделении «СТО» Сервис» на базе факультета Сервиса в составе СПб ГЭУ. Для диагностирования топливной системы использовался диагностический сканер - *Launch X-431 Master*. Заметим, что сканер *Launch X-431 Master* поставляется с диагностическим программным обеспечением для следующих марок автомобилей: *Mercedes, BMW, VW, Audi, Seat*,

Skoda, Opel, Renault, Fiat, Volvo, Citroen, Porsche, LandRover, Peugeot, Euro Ford, Lancia, Alfa Romeo, Rover, Saab, Vauxhall, Smart, Mitsubishi, Toyota/Lexus, Honda, Nissan, Mazda,

Subaru, Daihatsu, Suzuki, Daewoo, Hyundai, Kia, Ssangyang, Chrysler, Dodge, Ford, Benz V-Class, Isuzu, Jaguar.

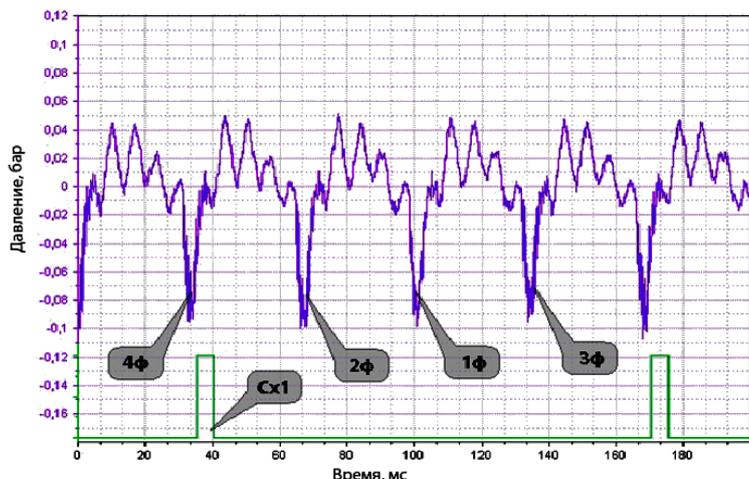


Рисунок 4 – Осциллограмма пульсаций давления в топливной рампе исправного автомобиля VAZ2109: 1φ – пульсация 1-ой форсунки, 2φ - 2-ой форсунки, 3φ - 3-ей форсунки, 4φ - 4-ой форсунки, Cx1 – момент искры в первом цилиндре [5].

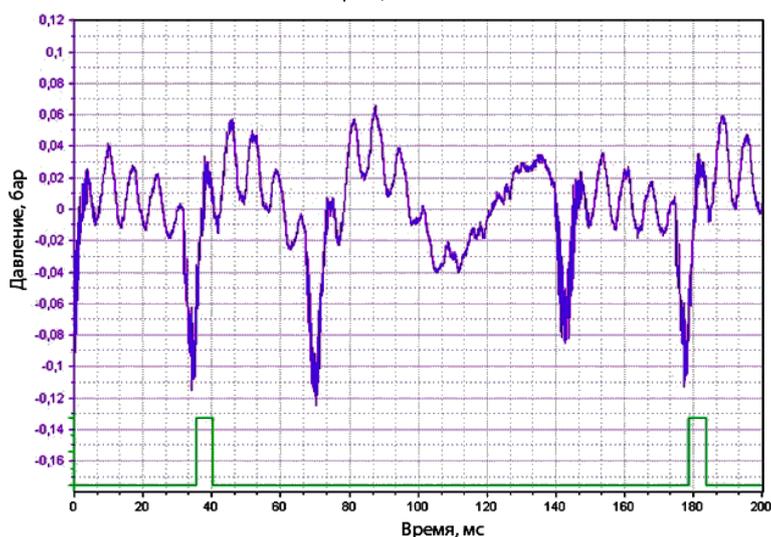


Рисунок 5 – Осциллограмма пульсаций давления в топливной рампе автомобиля марки VAZ2109 с повышенным расходом топлива [5].



Рисунок 6 – Общий вид сканера автомобильного диагностического типа Launch X-431 Master.

С помощью указанного прибора были сняты параметры расхода топлива на разных режимах (500, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000 оборотов в минуту коленчатого вала) и построен соответствующий график, рис.7.

Для анализа работы диагностируемого ДВС, его график часового расхода топлива сравнивался с графиком, построенным по расчетному методу с использованием данных нормативно технической документации. Расчетные данные приведены в табл.1.

Из рис.7 видно, что кривая часового расхода топлива, диагностируемого ДВС, находится выше нормативной кривой, что говорит о повышенном расходе топлива на всех режимах работы двигателя.

Определение нагрузки двигателя. Launch X-431 Master позволяет более детально тестировать работу двигателя (Engine - ENG, DME, DDE, CDI, ERE и др.) путем «опроса» корректной работы датчиков. В рассматриваемом случае в системе ECM, по показаниям прибора, проблемно работает ДМРВ – датчик массового расхода воздуха. Датчик массового расхода воздуха служит для определения количества воздуха, идущего на заполнение цилиндров при работе двигателя. Датчик установлен во впускном тракте после воздушного фильтра и подсоединяется к электрическому жгуту системы управления шестиконтактной колодкой проводов.

Таблица 1 – Нормативные параметры ДВС

Частота вращения коленчатого вала мин ⁻¹	Параметры внешней скоростной характеристики								
	Мощность в расчетных точках	Эффективный крутящий момент	Среднее эффективное давление цикла	Средняя скорость поршня	Среднее давление механических потерь	Индикаторный крутящий момент	Удельный эффективный расход топлива	Часовой расход топлива	Коэффициент наполнения
	N_e , кВт	M_e , Н·м	P_e , МН/м ²	V_{cp} , м/сек	P_m , МН/м ²	M_i , Н·м	g_e , г/кВт·ч	G_m кг/ч	η_v
500	17,1	327,4	1,371	1,17	0,047	338,7	420,2	7,20	1,02
1000	36,4	348,0	1,457	2,33	0,060	362,4	384,9	14,03	1,05
2000	78,0	372,5	1,560	4,66	0,087	393,2	328,3	25,61	0,96
3000	117,7	374,7	1,569	6,99	0,113	401,7	294,6	34,68	0,93
4000	148,5	354,7	1,485	9,32	0,139	388,0	282,9	42,03	0,79
5000	163,5	312,3	1,308	11,66	0,166	351,9	293,3	91,60	0,72
5200	176,4	323,9	1,357	12,12	0,171	364,8	298,0	52,56	0,73
6000	155,6	247,7	1,038	13,99	0,192	293,6	325,7	50,69	0,63

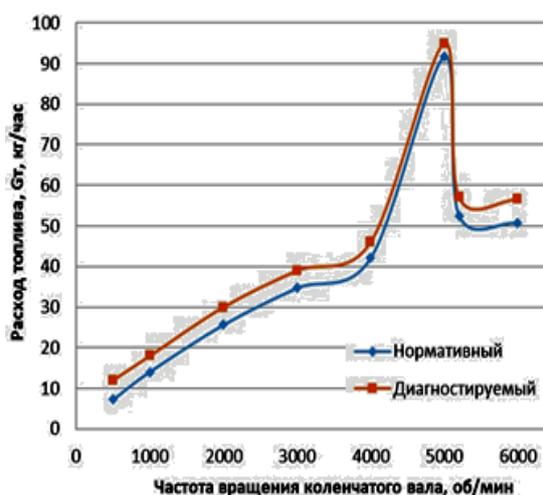


Рисунок 7 – Часовой расход топлива: нормативный и диагностируемый

Измерить количество воздуха, поступившего в двигатель, – значит, определить нагрузку двигателя. Когда водитель нажимает на педаль газа, дроссельная заслонка открывается и количество всасываемого воздуха увеличивается. Обычно говорят: нагрузка увеличилась. И наоборот, педаль отпустили – нагрузка уменьшилась [7]. В реальных условиях движения для двигателя типична частая смена режимов работы, что поступающий воздух участвует в различных газодинамических процессах во впускной системе, то задача определения массы воздуха важна. Ремонт или замена ДМРВ полностью решает проблему и выводит на оптимальный режим ДВС.

В заключении, следует отметить, что проведение своевременного и грамотного об-

служивания топливной системы автомобиля позволяет поддерживать его эксплуатационные характеристики, которые отвечают нормативным требованиям.

Литература

1. Пестриков В. М. Компьютерная диагностика состояния основных узлов автомобиля // Технико-технологические проблемы сервиса. 2008. №3(5).С.17-27.
2. АДИС - Автомобильная Диагностика и Сервис . [Электронный ресурс] – URL: <http://www.adis-spb.ru> (дата обращения 19.09.2014).
3. Сайт компания СканерАвто. Mercedes Star Diagnosis Compact 4 SDConnect . [Электронный ресурс]. – URL: http://www.skannerauto.ru/production/diagnostika_dilerskogo_urovnja/sdconnect_compact4.html -
4. Сайт компании S-Tool. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.s-tool.ru/articles/diagnostica-commercheskih-avtomobiley>. (дата обращения 19.09.2014).
5. Сайт «Московская Диагностическая Компания». Диагностика топливной системы - тест "Баланс форсунок". тестеров [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.superdiagnostika.ru/stati/99-diagnostika-toplivnoj-sistemy-test-balans-forsunok> (дата обращения 19.09.2014).
6. Интернет-магазин Electronic System. Motodoc III (Полный комплект) - один из лучших мотор-тестеров [Электронный ресурс]. – URL: <http://electronicsystem.ru/other-diagnostic-tools/motor-tester/motodoc-iii.html> (дата обращения 19.09.2014).
7. Устройство и ремонт автомобиля. ДМРВ – Датчик массового расхода воздуха [Электронный ресурс]. – URL: http://amastercar.ru/articles/injection_fuel_5.shtml (дата обращения 19.09.2014).

МОНИТОРИНГ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЫТОВЫХ ХОЛОДИЛЬНИКОВ В ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ

С.П.Петросов¹, М.А.Лемешко², А.В. Кожемяченко², С.Р. Урунов²

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

В статье изложен метод контроля за изменением удельного энергопотребления компрессионного типа. Показано что энергоэффективность бытовых холодильников в процессе эксплуатации изменяется, вследствие чего возможны случаи работы холодильников с повышенным энергопотреблением. Предложен алгоритм определения отклонений удельного энергопотребления холодильника от паспортных значений в период эксплуатации, с учетом температуры окружающего воздуха. Приведено обоснование и описание алгоритма по определению технического состояния бытовых холодильников в период эксплуатации.

Ключевые слова: компрессионный холодильник, бытовой холодильник, мониторинг энергопотребления, алгоритм определения энергоэффективности, техническое состояние, энергопотребление в период эксплуатации

MONITORING ENERGY INDICATORS OF HOUSEHOLD REFRIGERATORS DURING OPERATION

S.P. PETROSOV, M.A. Lemeshko, A.V. Kozhemyachenko, Urunov S.R.
*Institute services sector and enterprise (branch) of the Don State Technical University
(ISOiP (branch) DGTU), 346500, Schachty, str. Shevchenko, 147*

The article describes a method for monitoring changes in energy intensity of the compression type. It is shown that the energy efficiency of household refrigerators in operation varies, so that there may be cases of the refrigerator with an increased power consumption. An algorithm for determining the specific energy consumption of the refrigerator deviations from the certified value during the operation, taking into account the ambient temperature. The substantiation and description of the algorithm to determine the technical condition of household refrigerators during operation.

Keywords: compression refrigerator, household refrigerator, energy monitoring, an algorithm for determining the energy efficiency, technical condition, power consumption during operation

Бытовые, торговые и другие малые холодильные машины нашли широкое применение в быту, в торговле, в гостиничном и ресторанном хозяйстве, в медицине, на предприятиях и в организациях различной формы собственности. Это, как правило, холодильники компрессионного типа, которые составляют большой парк потребителей электроэнергии. Работая непрерывно в течение суток, холодильники являются объектами, которые должны быть энергоэффективны [1]. Например, в

домашнем хозяйстве, доля энергозатрат на холодильники в общедомовых расходах семьи составляет до 40%.

Реализуемая в настоящее время государственная программа РФ по энергоэффективности и энергосбережению [2], включает вопросы мониторинга энергетических показателей различных потребителей в период эксплуатации.

¹Петросов Сергей Петрович – доктор техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Технические системы жилищно-коммунального хозяйства и сферы услуг». тел. +7 928 213 36 04

²Лемешко Михаил Александрович – канд. техн. наук., профессор кафедры «Технические системы жилищно-коммунального хозяйства и сферы услуг», ИСОиП (филиал) ДГТУ в г.Шахты. тел. +7 988 252 85 53. e-mail: lem-mikhail@ya.ru;

³Кожемяченко Александр Васильевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технические системы жилищно-коммунального хозяйства и сферы услуг», ИСОиП (филиал) ДГТУ тел. +7 918 503 81 30. E-mail: tabn@dssa.ru.

⁴Урунов Салават Рашидович – магистрант механико-радиотехнического факультета группы БМП-Pg11, ИСОиП (филиал) ДГТУ в г.Шахты. тел. +7 928 615 37 41. e-mail: salavat4you@gmail.com.

Бытовые холодильники, применяемые в различных условиях, с различным функциональным назначением в процессе их жизненного цикла не контролируются пользователями на соответствие нормам энергопотребления [3].

В тоже время в процессе эксплуатации эти холодильные приборы испытывают воздействие различных эксплуатационных факторов, снижающих показатели их энергоэффективности [4].

К таким факторам можно отнести температуру окружающего воздуха, износ трибосопряжений хладонового компрессора, физико-химическую стабильность рабочей среды, неплотность прилегания дверей к шкафу холодильника и др. [5]. Иногда условия эксплуатации холодильников отличаются от рекомендованных паспортных данных и стандартов, в этом случае их энергопотребление увеличивается. Эксплуатационные факторы в совокупности могут привести к увеличению удельного энергопотребления холодильника на 10-15% и более.

Технически определить показатель энергопотребления холодильника можно с использованием специальных приборов и стендов. Например, прибор СХ-2 [6] позволяет определить и потребляемую мощность и температурные режимы в камерах холодильника, однако использование этого прибора не дает приемлемых результатов, так как на достоверность измерений существенно оказывает влияние температура окружающего воздуха. Для более достоверной оценки энергетической эффективности холодильника в текущем состоянии необходимы стандартные условия испытаний, что возможно только в специализированных сервисных центрах, путем измерения холодопроизводительности агрегата.

Метод определения холодопроизводительности в теплоизолированной камере осуществляется путем ручного регулирования мощности нагревателя калориметра, размещенного в одной теплоизолированной емкости с испарителем исследуемого работающего агрегата. При этом регулировками добиваются теплового равновесия (теплового баланса) вырабатываемого холода и компенсирующего тепла. Полученное значение мощности нагревательного элемента при тепловом установленном равновесии характеризует холодопроизводительность агрегата. Такой способ обеспечивает измерение и возможность сравнения фактической холодопроизводительности исследуемого холодильника с ожидаемой, полученной расчетным путем или с холодопроизводительностью эталонного (образцового) однотипного

холодильного прибора. По сходимости или отличию этих показателей оценивается техническое состояние исследуемого бытового холодильного прибора и косвенно изменение его удельного энергопотребления. Недостатком рассмотренного способа оценки энергетической эффективности бытового холодильника на калориметрических стендах и в теплоизолированной камере является громоздкость стенда, длительность испытаний.

Из патентных источников известен метод определения работоспособности и технического состояния бытового холодильника, который выполняется путем прямого измерения температур в нескольких «точках» системы охлаждения [7]. После наступления установившегося режима работы исследуемого холодильника, выполняются измерения температур, а полученные значения используются для сравнения их с эталонными значениями.

Нами разработан новый метод текущего контроля над изменением энергопотребления компрессионного холодильника, сущность которого заключается в измерении потребляемой мощности компрессора холодильника за регламентированный промежуток времени холодильника при регламентированных значениях температуры окружающего воздуха и сравнение результатов измерений через регламентированные периоды его эксплуатации [8,9].

В разработанном методе использованы следующие подходы:

- обеспечение автономности процесса оценки удельного энергопотребления холодильника по интегральным показателям;
- упрощение процесса оценки технического состояния холодильника;
- повышение достоверности измерений, оценки фактического энергопотребления и обеспечение достоверности величины отклонения этого показателя от эталонного значения.

Метод включает выполнение измерений в нормативных условиях испытания холодильника [10], которые зависят от его класса и модели; при номинальных значениях температуры окружающей среды. Перед началом эксплуатации холодильника, в нормативных условиях испытаний измеряется (измеряются) одна (или несколько) характеристик, определяющих его интегральные теплоэнергетические показатели. Используя результаты измерений, вычисляется эталонный (базовый) показатель энергетической эффективности холодильника, как оценка его технического состояния перед началом эксплуатации. Метод включает запись (регистрацию) этого показателя (этих показателей), а по истечению нормированного периода эксплуатации, выполняются последующие провероч-

ные измерения этих же характеристик и вычисляются эти же показатели, которые сравниваются с базовыми. По сходимости или расхождению этих показателей оценивается техническое состояние всего холодильного прибора. При этом для записи результатов измерений характеристик, вычисления показателей технического состояния, выполнения операций сравнения и управления подпрограммами по обеспечению нормированных условий измерений, используется контроллер системы управления холодильника.

В качестве нормированных показателей технического состояния холодильника в разработанном методе могут быть использованы следующие интегральные показатели технического состояния холодильника:

- среднегодовое или среднemesячное энергопотребление;
- среднесуточное энергопотребление;
- индекс энергетической эффективности;
- коэффициент рабочего времени (КРВ);
- скорость охлаждения (заморозки).

Возможно применение и других показателей технического состояния холодильника, например, скорость охлаждения в камерах холодильника после размораживания и уборки внутри шкафа, температура на входе и выходе из испарителя. Допускается использование и других показателей технического состояния холодильника и его подсистем, которые не являются нормированными, но при измерениях могут быть использованы для оценки его энергоэффективности.

Индекс энергетической эффективности холодильника вычисляется по формуле:

$$I = \frac{E_{\text{факт}}}{E_{\text{станд}}} 100\% ,$$

где: $E_{\text{факт}}$ – фактическое годовое потребление электроэнергии холодильником, $кВт\cdotч$; $E_{\text{станд}}$ – стандартное годовое потребление для холодильника данной категории, определяемое при испытаниях эталонного (нового) до периода его эксплуатации, или значение годового потребления, которое указывается производителем в паспорте на изделие, $кВт\cdotч$.

Фактическое суточное энергопотребление определяется согласно требованиям ГОСТ 30204-95 [11] при температуре окружающей среды плюс 25⁰С.

В качестве нормированного показателя интегральной оценки энергоэффективности холодильника, может быть использован КРВ агрегата, измеряемый при нормированном значении температуры окружающей среды. При этом так же сравнивается эталонное значение этого показателя с КРВ холодильника после нормированного периода его эксплуатации. По рас-

хождению значений эталонного и фактического значения КРВ судят о энергоэффективности холодильника или о его техническом состоянии.

Разработанный метод реализуется алгоритмом, приведенным на рисунке 1.

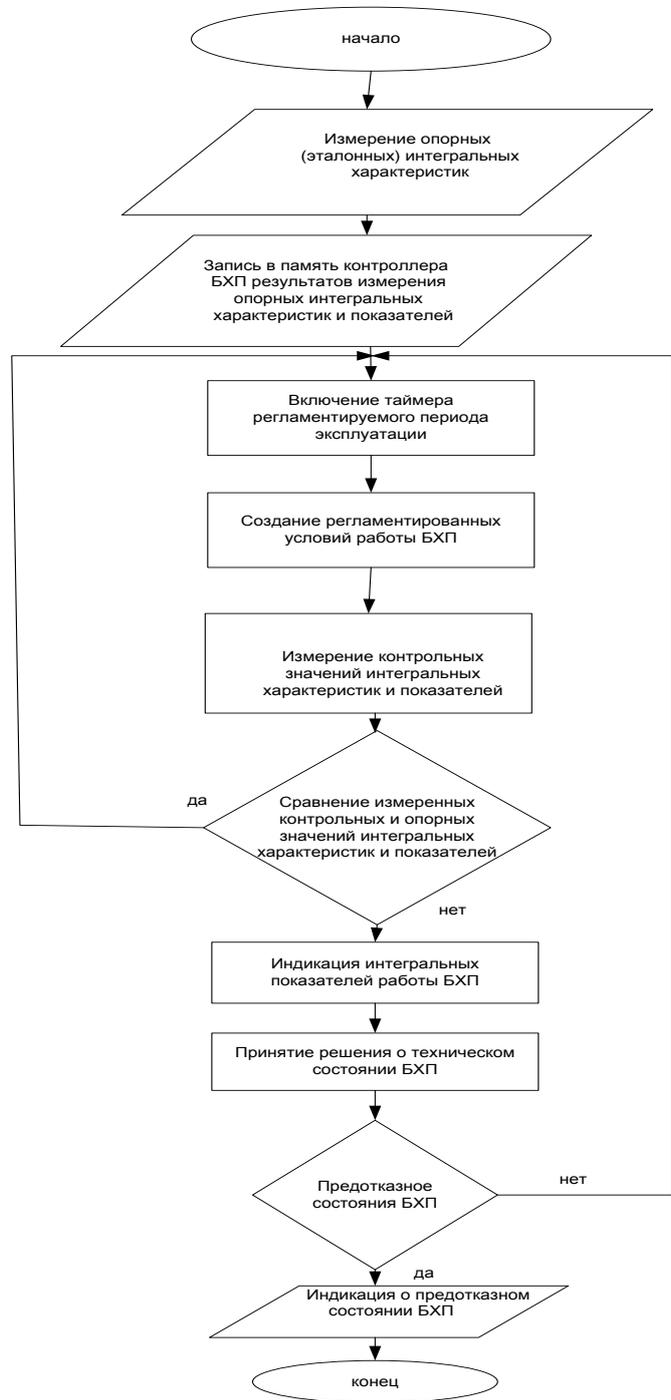


Рисунок 1 – Алгоритм разработанного метода оценки изменения удельного энергопотребления холодильником

Первым этапом диагностирования является создание нормативных условий испытания холодильника. Согласно ГОСТ 16317-87 и ГОСТ 30204-95, создаются условия испытания

нового изделия, которые включают поддержание температуры окружающего воздуха плюс 25⁰С, работу холодильника без загрузки продуктами или имитаторами продуктов, без открывания дверей холодильного шкафа.

Вторым этапом является измерение опорных (эталонных) характеристик технического состояния холодильника.

Третьим этапом диагностирования холодильника является запись измеренных значений интегральных и частных показателей и характеристик в энергонезависимую память контроллера системы управления холодильника в соответствующие адресные ячейки памяти с возможностью считывания содержания ячеек и выполнения вычислений оценочных показателей.

Четвертым этапом является включение таймера регламентируемого периода эксплуатации холодильника. Таким периодом может быть месяц, и/или полгода и/или год.

Период работы холодильника до первых контрольных измерений может изменяться в зависимости его прогнозируемой надежности, наличия новых малоизученных элементов, которые увеличивают вероятность измерения технического состояния и, что влияет на установление периодичности информирования пользователя состоянием текущего энергопотребления холодильника.

По истечению установленного периода эксплуатации выполняется пятый этап измерений, который заключается в создании регламентированных условий испытания, аналогичных условиям первого этапа.

Такие условия могут быть созданы принудительно или выполнены в период размораживания и/или уборки в холодильном шкафу. Основным регламентированным условием для проведения следующего этапа является установление регламентированного значения температуры окружающего воздуха. Например, с использованием кондиционера.

Шестой этап включает контрольные измерения значений соответствующих характеристик и вычисление интегральных показателей энергетической эффективности холодильника.

Показатели интегральной оценки технического состояния включают показатели, принятые на втором этапе диагностирования. Такие, как суточное энергопотребление и/или КРВ и/или скорость охлаждения и/или суммирующие показатели, например, среднесуточное энергопотребление за период между первичным измерением опорных (эталонных) интегральных показателей, измерением контрольных значений после регламентированного периода работы холодильника.

При этом результаты контрольного измерения интегральных характеристик и показате-

лей размещаются в память контроллера системы управления, во вторую группу ячеек, соответственно с размещением значений измерений на третьем этапе.

Седьмой этап включает сравнение интегральных показателей технического состояния холодильника, используя записи их значений из первой группы ячеек памяти и второй группы ячеек памяти, соответственно с наименованием оцениваемых параметров.

Восьмой этап заключается в выводе на индикатор результатов измерений базового (эталонного значения) и контрольного значения интегральных характеристик технического состояния холодильника.

Девятый этап заключается в принятии решения об оценке энергоэффективности эксплуатируемого холодильника.

При этом отклонение значения каждого контрольного показателя от значения базового (эталонного) сравниваются с допустимыми отклонениями каждого показателя, внесенных в третью ячейку памяти контроллера управления.

Если эти отклонения незначительны, и не превышают установленных пределов, то принимается решение о продолжении эксплуатации холодильника без индикации результатов сравнения. При этом на индикатор могут быть выведены сообщения для пользователя об удовлетворительном состоянии эксплуатируемого холодильника.

Десятый этап предусматривает выявление критических отклонений и включения индикации о предаварийном состоянии на панели контроллера холодильника, или включение аварийной сигнализации. Возможно также дистанционное информирование сервисного центра о критическом состоянии конкретного холодильника, конкретного пользователя.

В зависимости от выбранного показателя или показателей в контроллер вводится подпрограммы для измерения определенных характеристик работы холодильника и вычисления его показателя/показателей теплоэнергетического состояния.

Например, для оценки технического состояния холодильника по КРВ измеряется время работы компрессора τ_p и время его стоянки τ_c за один или несколько установившихся циклов, согласно ГОСТ 16317-87 и вычисляется показатель КРВ:

$$\sigma = \frac{\tau_p}{\tau_p + \tau_c}. \quad (1)$$

При этом выполняются следующие условия измерений:

а) контролируется температура окружающего воздуха. Преимущественно температура окружающего воздуха должна быть плюс

25⁰С (это условие идентично условиям заводских испытаний).

б) в расчете КРВ используются характеристики только тех циклов, за которые двери холодильного шкафа не открывались, а температура окружающего воздуха не изменялась или изменялась незначительно, не более 3...5%.

Для оценки технического состояния холодильника по среднесуточному или среднегодовому энергопотреблению измеряется фактическая потребляемая мощность за один, несколько установившихся циклов работы компрессора или за длительный срок эксплуатации, от одного месяца до года эксплуатации.

При измерении потребляемой мощности за один или несколько циклов необходимо также контролировать и/или поддерживать за период измерений температуру окружающего воздуха, преимущественно плюс 25⁰С и обеспечивать измерения без открывания холодильного шкафа.

Расчет среднесуточного энергопотребления выполняется на основании результатов измерения потребленной мощности одного или нескольких циклов работы компрессора в установившемся режиме.

Оценка суточного энергопотребления холодильника на основании измерений одного цикла в установившемся режиме выполняется следующим образом.

Вычисляется ожидаемое число циклов за сутки:

$$n_{ци} = \frac{24}{\tau_{ци}}, \quad (2)$$

где $\tau_{ци} = \tau_p + \tau_c$ – длительность одного цикла.

Вычисляется среднесуточное энергопотребление:

$$E_{сут} = E_{ци} \cdot n_{ци}, \quad (3)$$

где $E_{ци}$ – замеренная потребляемая мощность за один цикл.

Оценка среднесуточного энергопотребления на основании измерений потребляемой мощности за несколько циклов выполняется по следующим выражениям:

$$\bar{\tau}_{ци} = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_{циi}}{n}; \quad (4)$$

$$n_{ци} = \frac{24}{\bar{\tau}_{ци}}; \quad (5)$$

$$\bar{E}_{ци} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}; \quad (6)$$

$$E_{сут} = \bar{E}_{ци} \cdot n_{ци}, \quad (7)$$

где: $\bar{\tau}_{ци}$ – среднее значение длительности цикла за n циклов работы компрессора; $\tau_{циi}$ – значение i -го измерения длительности каждого из n циклов; $n_{ци}$ – число циклов в сутки; $\bar{E}_{ци}$ – среднее значение n измерений i -го энергопотребления E_i за каждый i -й цикл.

Оценка среднесуточного энергопотребления $E_{сут}$ за более длительный период от 1 мес. до 1 года определяется отношением потребленной энергии за этот период к числу суток за этот период. Например:

$$E_{сут} = \frac{E_{30}}{30}, \quad (8)$$

где E_{30} – потребляемая мощность за 30 дней.

Интегральная оценка технического состояния холодильника по среднесуточному энергопотреблению позволяет сравнивать вычисленные значения энергопотребления с паспортными значениями энергопотребления и определить соответствие испытываемого холодильника его энергетическому классу в начале эксплуатации и после истечения задаваемого срока эксплуатации [12].

Оценка технического состояния холодильника по скорости охлаждения [13], например, в холодильной камере, выполняется путем сравнения скорости охлаждения в начальном (исходном) техническом состоянии БХП со скоростью охлаждения после регламентированного периода эксплуатации для идентичных условий измерения скорости охлаждения.

При этом контроллер управления холодильником обеспечивает измерение температур в начале охлаждения, когда температура в камере равна температуре окружающей среды и на протяжении периода времени $\tau_{охл}$, за которое температура понижается до рабочего значения плюс 2...5⁰С. Достижение этой температуры является командой для остановки таймера времени работы компрессора. Далее вычисляется разница между температурой окружающей среды t_{oc} и температурой в камере $t_{охл}$ и которая делится на время работы компрессора за этот период

$$V_{охл} = \frac{t_{oc} - t_{охл}}{\tau_{охл}} \quad (9)$$

Определение скорости охлаждения осуществляется подпрограммой контроллера системы управления холодильника.

При этом выполняется сравнение температуры окружающего воздуха и температуры внутри исследуемой камеры холодильника. Если температуры не равны, измерение не выполняется; если температуры равны, вырабатываются команда на включение компрессора и команда на запуск таймера текущего времени с момента работы компрессора, сигнал с датчика

температуры внутри камеры холодильника является командой для остановки таймера текущего времени и начала определения (вычисления) скорости охлаждения.

Подпрограмма определения скорости охлаждения выполняется первично для нового холодильника при температуре окружающего воздуха от 20 до 30⁰С и через устанавливаемый период эксплуатации, преимущественно при температуре окружающей среды, равной температуре окружающей среды при испытании нового холодильника.

При последующих измерениях скорости охлаждения устанавливается такое же значение температуры окружающей среды. Измерение скорости охлаждения выполняется при незагруженных продуктами камерами холодильника.

Такие измерения можно выполнять в периоды размораживания и уборки внутри камер холодильника.

Выводы

Разработанный метод текущего контроля над изменением энергопотребления компрессионного холодильника обладает следующими преимуществами в сравнении с другими вышерассмотренными способами:

- упрощается процесс определения текущего технического состояния прибора, т.к. не требуется дорогостоящих и громоздких calorиметрических стендов;

- увеличивается точность и достоверность диагностики, так как исключаются погрешности нелинейностей в косвенных вычислениях показателей энергоэффективности;

- способ обладает большей мобильностью, т.к. обеспечивает возможность определять техническое состояние холодильника, общее (интегральное) без участия человека и с минимальными требованиями к условиям реализации способа;

- способ может быть использован в системе самодиагностики (преимущественно), так и при стационарных испытаниях холодильников в сервисных центрах, а также при ремонте их «на дому»;

- способ может стать основой выпуска БХП с электронным паспортом, где в заводских условиях при плановых заводских испытаниях в электронной памяти контроллера системы управления БХП будут сохранены интегральные и локальные (номинальные) характеристики нового прибора.

Литература

1. Петросов С.П. Научные основы повышения эффективности бытовых холодильников компрессион-

ного типа: дис. докт. техн. наук: 05.02.13: защищена 16.03.07: утв. 8.06.07.- Москва, 2007.-375с.

2. Подпрограмма «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» государственной программы Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 3 апреля 2013 года № 512 –р.

3. Теоретические принципы обеспечения технического состояния бытовых холодильных приборов на этапе их технической эксплуатации / Кожемяченко А.В., Петросов С.П., Лемешко М.А., Рукасевиц В.В., Шерстюков В.В. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2013. №3(172). С. 107-109.

4. Диагностирование технического состояния бытовых холодильных приборов. Кожемяченко А.В., Лемешко М.А., Рукасевиц В.В. / Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2012. № 4. С. 110-114.

5. Определение предельно допустимых значений энергетических показателей качества бытовых компрессионных холодильных приборов. Кожемяченко А.В., Петросов С.П., Лемешко М.А., Рукасевиц В.В., Шерстюков В.В., Кулишов А.А./ Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2013. № 6 (175). С. 132-137.

6. Лепавев Д.А. Ремонт бытовых холодильников, М.: Легпромбытиздат, 1989, с.255-258.

7. Диагностическая система для бытовых электроприборов. Заявка RU № 2005121143 А, МПК G01r 31/28. Оpub. 20.01.2006, Бюл. №02.

8. Патент РФ. № 2526143 МПК F25B49/00. Способ определения технического состояния подсистем компрессионного бытового холодильного прибора. Кожемяченко А. В., Лемешко М. А., Петросов С. П., Рукасевиц В. В., Фомин Ю. Г.

9. Способ локального определения технического состояния компрессионного бытового холодильного прибора. Кожемяченко А.В., Лемешко М.А., Петросов С.П., Рукасевиц В.В., Шерстюков В.В., Романова М.И. /Инженерный вестник Дона. 2013. Т. 25. №2(25). С. 49.

10. ГОСТ Р 51565-2000. Приборы холодильные электрические. Эффективность энергопотребления. Методы определения

11. ГОСТ 30204-95 Эксплуатационные характеристики БХП. Методы испытаний.

12. Способ определения технического состояния бытового холодильного прибора.

Лемешко М. А., Петросов С. П., Кожемяченко А. В., Рукасевиц В. В., Саввов А.В./ Патент РФ. № 2480686, МПК F25B49/00. Опубликовано: 27.04.2013

13. Способ определения технического состояния компрессионного бытового холодильного прибора. Кожемяченко А. В., Лемешко М. А., Петросов С. П., Рукасевиц В. В., Фомин Ю. Г./ Патент РФ. № 2525058, F25B45/00. Опубликовано: 10.08.2014

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И СЕРВИСА ПОСУДОМОЕЧНЫХ МАШИН

О.Б. Тихонова¹, Д.В. Русляков², С.П. Петросов³

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

В статье рассмотрены вопросы технической эксплуатации посудомоечных машин. Разработаны рекомендации для интерактивных электронных технических руководств сервисных и техноторговых организаций по технической эксплуатации посудомоечных машин.

Ключевые слова: посудомоечная машина, интерактивные электронные технические руководства, смываемость, диагностика.

FEATURES OF TECHNICAL OPERATION AND SERVICE OF DISHWASHERS

O.B.Tihonova, D.V.Ruslyakov, S.P.Petrosov

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

In article questions of technical operation of dishwashers are considered. Recommendations for the interactive electronic technical managements service and the tekhnotorgovykh of the organizations for technical operation of dishwashers are developed.

Keywords: dishwasher, interactive electronic technical managements, rinsability, diagnostics.

В последние годы в России утвердилась тенденция интенсивного расширения парка посудомоечных машин зарубежных моделей. Это обусловлено тем, что Россия вступила в ВТО. Однако, в силу острой конкуренции между фирмами-производителями, сервисными и техноторговыми центрами, эффективность работы посудомоечной машины оценивается по-разному.

Важным является необходимость разработки интерактивных электронных технических руководств [1] с рекомендациями для потребителей посудомоечных машин с использованием энергоэффективных способов мойки посуды с целью экономии средств и времени.

В качестве новой технологии для сложной бытовой техники в последнее время все чаще рекомендуется использовать интерактивное электронное техническое руководство (ИЭТР), которое является технологией CALS, представляющее собой структурированный программный комплекс с взаимосвязанными техническими данными и предназначенный для выдачи в интерактивном режиме справочной и

описательной информации об эксплуатационных и ремонтных режимах работы [1, 2, 3].

С целью решения данной проблемы были разработаны интерактивные электронные технические руководства 3 класса для посудомоечной машины (рис. 1).

Отметим, что ИЭТР третьего класса ориентированы на сервисные центры, ремонтные мастерские бытовой техники или крупные дилерские центры по обслуживанию посудомоечных машин, а также образовательные учреждения, занимающиеся подготовкой специалистов в сфере сервиса [4].

Сегодня на рынке появились классы посудомоечных машин с встроенным модулем диагностики неисправностей. Некоторые заводы – производители посудомоечных машин, такие, как *Bosh, Siemens, Neff* и другие поставляют на российский рынок посудомоечные машины с блоком самодиагностики. Такие машины при обнаружении неисправности высвечивают код ошибки. В результате чего сервисной организации проще найти поломку.

¹Тихонова Ольга Борисовна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технические системы ЖКХ и сферы услуг» ИСОиП (филиал) ДГТУ, тел: +7 918 551 61 13, e-mail: tudd@mail.ru;

²Русляков Дмитрий Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технические системы ЖКХ и сферы услуг» ИСОиП (филиал) ДГТУ, тел: +7 908 506 55 74, e-mail: ruslyakof@yandex.ru;

³Петросов Сергей Петрович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технические системы ЖКХ и сферы услуг» ИСОиП (филиал) ДГТУ, тел: +7 928 213 36 04, e-mail: petrosov217@rambler.ru

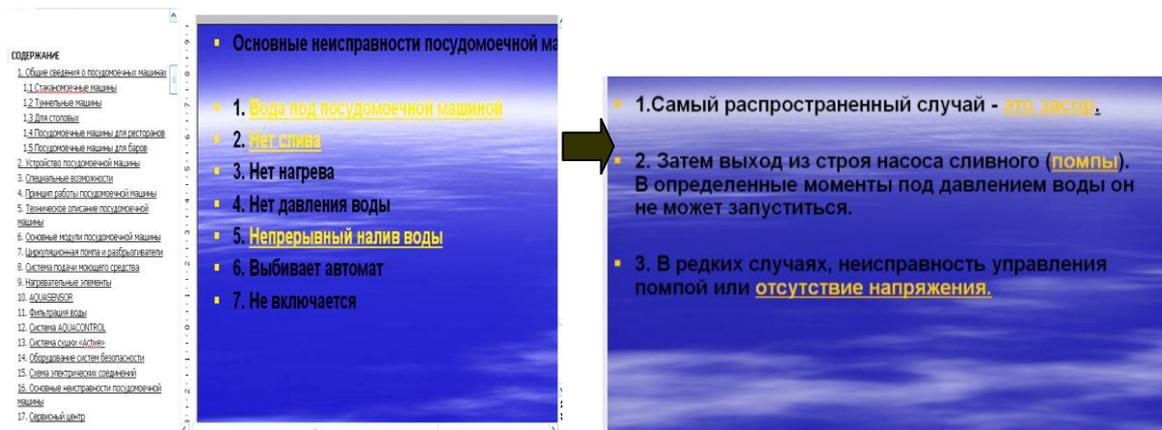


Рисунок 1 – Фрагмент ИЭТР 3 класса посудомоечной машины «Ardo»

Важным моментом при выборе посудомоечной машины являются модели с сенсорным управлением или механическим. Так, при неисправности самого блока самодиагностики посудомоечной машины, стоимость ремонта всего прибора становится достаточно высокой. Надо сказать, что такая неисправность в машине встречается очень редко, так как производители посудомоечных машин в режиме конкурентной борьбы следят за качеством своей продукции.

Для разработки фрагментов ИЭТР был поставлен эксперимент. Методика измерения параметров посудомоечной машины соответствует в ГОСТ 30147-95. Испытания проводятся при температуре окружающей среды $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 45...60%. Отклонение напряжения питания от номинального значения - не более 2%. Если посудомоечная машина может работать в некотором диапазоне напряжений, то испытания проводят или при среднем напряжении (если величина диапазона менее 10% от его среднего напряжений), или дважды, при максимальном и минимальном напряжениях диапазона. Температура подаваемой воды $(15 \pm 5)^\circ\text{C}$ – для посудомоечных машин, подключаемых только к холодной воде, или $(60 \pm 2)^\circ\text{C}$ – для посудомоечных машин, подключаемых только к горячей воде (если в инструкции по эксплуатации не указана более низкая температура). Жесткость воды посудомоечной машины с устройством смягчения должна составлять (300 ± 25) (мг-экв/л). Для посудомоечной машины без такого устройства испытания проводятся при одном или нескольких из следующих значений жесткости: 50, 150 или 300 (мг-экв/л).

В ходе испытаний используется или стандартное моющее и ополаскивающее средство, или средства, указанные изготовителем посудомоечной машины. Количество - в соответствии с рекомендациями изготовителя. Если таких рекомендаций нет, то ополаскивающее средство берется исходя из расчета 0,3 мл/л,

моющее – в зависимости от жесткости воды: 3,0 г/л или 2,3 г/комплект (что больше) - для посудомоечных машин с устройством смягчения воды и для посудомоечных машин без устройства смягчения при жесткости воды 50 (мг-экв/л); 4,0 г/л или 3,3 г/комплект - для посудомоечной машины без устройства смягчения при жесткости 150 (мг-экв/л). и 5,0 г/л или 4,2 г/комплект - для посудомоечной машины без устройства смягчения при жесткости 300 (мг-экв/л).. В любом случае количество средства не должно превышать емкости соответствующего дозатора.

При измерении показателя качества мытья, как и при других испытаниях, машина должна работать по программе или циклу для наиболее сильно загрязненной столовой (не кухонной) посуды. Предварительно посудомоечная машина должна отработать два цикла с чистой посудой. Измерение показателя качества мытья проводятся не менее пяти раз, без очистки посудомоечной машины между циклами, за исключением чистки фильтров в соответствии с рекомендациями изготовителя. Загрузка машины при каждом измерении должна соответствовать ее номинальной вместимости и состоять из целого числа стандартных комплектов и сервировочной посуды и приборов. Посуда фарфоровая, белая, покрытая глазурью, без трещин и повреждений. Стеклокерамическая посуда должна быть из обычного стекла, без декоративной отделки, столовые приборы, из нержавеющей стали, гладкие, без гравировки.

В ходе проведения эксперимента перед загрузкой в посудомоечную машину посуда подвергается загрязнению: стаканы - томатным соком, чашки - чаем, тарелки - яйцами, пшенной кашей и шпиком, вилки – яйцами, столовые ложки – кашей, сервировочные ложки - шпинатом, овальное блюдо- маргарином. Остальные предметы не загрязняются. Порядок приготовления загрязняющих веществ и нанесения их на посуду изложен в ГОСТ 30147- 95. После загрязнения посуда сушится в течение 2

ч и загружается в посудомоечную машину согласно рекомендациям изготовителя.

Для того чтобы оценить, насколько хорошо машина справилась со своей работой, надо подсчитать количество остатков пищи на посуде и общую площадь остаточных загрязнений, выставляя машине баллы от 0 до 5. Пяти баллам соответствует только та машина, которая отмывает посуду дочиستا.

После окончания цикла мытья каждый предмет осматривается в течение не более чем 10 сек, при освещении рассеянным светом, освещенность должна составлять 1000...1500 лк. Если загрязнения не обнаружены, то предмету присваивается 5 баллов, если общая площадь оставшихся загрязнений менее 4 мм² и образована она максимум четырьмя частицами – 4 балла, если площадь загрязнений 4 мм² и более или поверхность предмета загрязнена более чем четырьмя частицами – 3 балла и т.д. Общая сумма баллов делится на максимально возможное число баллов (количество предметов, умноженное на два), полученное значение и есть показатель качества мытья посудомоечной машины. Могут находиться показатели для отдельных категорий посуды, приборов и изделий из стекла.

Набранное машинное количество баллов, осредненное по результатам нескольких испытаний, сравнивается с баллами, которые при работе по такой же программе набрала машина, используемая в качестве эталона (той же фирмы изготовителя). Баллы, набранные испытуемой машиной, относят к баллам эталонной машины, получается относительный коэффициент эффективности мойки посуды.

При проведении испытаний использовалась посудомоечная машина водоструйного типа. Моющий раствор через вращающиеся разбрызгиватели подается на посуду циркуляционным насосом под давлением. Эффективность качества мойки посуды зависит от давления на выходе из разбрызгивателей, их конструкций, размеров их, вида смываемого загрязнения, температуры моющего раствора, расстояния от разбрызгивателей до посуды, угла между струей и смываемой поверхностью, а также от времени мойки. Во время эксперимента отверстие в насадке исследуемой посудомоечной машины имело диаметр 2,5 мм.

Для проведения эксперимента загрязненную посуду загружают в машину. Посуда, столовые приборы, отобранные для испытаний первого сорта, без украшений, средней толщины и из белого глазурованного фарфора. В машину засыпают моющие и ополаскивающие вещества и проводят один цикл стирки. Таким образом, были проведены эксперименты при мойке посуды с одинаковыми загрязнениями,

за одинаковые промежутки времени, но при различной температуре моющего раствора.

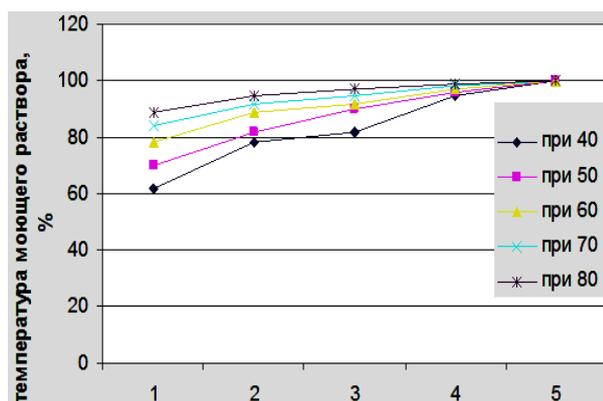


Рисунок 1 – Зависимость смываемости от времени воздействия струи (давление $p=0,5$ МПа) и температуры моющего раствора: при 40°C, при 50°C, при 60°C, при 70°C, при 80°C.

В результате проведения исследования было установлено (рис. 1), что при повышении температуры моющего раствора до 60°C смываемость резко увеличивается, однако при дальнейшем подогреве моющего раствора интенсивность смываемости замедляется. Из графика видно, что основная масса загрязнений (60÷90%) смывается в течение 3 минут, а полный смыв происходит за 5 минут.

Далее проводился эксперимент для определения оптимальной температуры моющего раствора, при котором происходит отличная мойка наиболее трудно смываемого загрязнения. Этот эксперимент проводился с целью подготовки рекомендаций (которые включены в ИЭТР) для покупателей в техторговых центрах посудомоечных машин. Как известно, самым трудно смываемым загрязнением для посудомоечной машины является яичный желток. Эксперимент проводился на той же посудомоечной машине водоструйного типа, с насадкой диаметром 2,5 мм, а также постоянным временем размыва 3 минуты при различных давлениях струи воды.

На рисунке 2 показаны полученные зависимости смываемости яичного желтка, как наиболее трудносмываемого загрязнения, от температуры моющей струи при различных давлениях. Из полученных графиков следует, что для достижения 100% смываемости посуды температура должна быть 80°C.

При измерении расхода электроэнергии и воды давление воды на входе в посудомоечных машинах должно находиться в пределах (240±35) кПа, температура подаваемой холодной воды должна поддерживаться с точностью +2 С. Машина загружается таким же количеством посуды, как при измерении показателя ка-

чества мытья. Если реальная суммарная масса загрузки отличается от номинальной более чем на 2% (номинальные массы комплекта посуды и предметов сервировки указаны в стандарте), то загрузка должна быть отрегулирована под номинальную добавлением или изъятием отдельных предметов. В случаях, когда корректировка массы загрузки не нужна, измерение расхода электроэнергии и воды можно совместить с измерением показателя качества мытья.

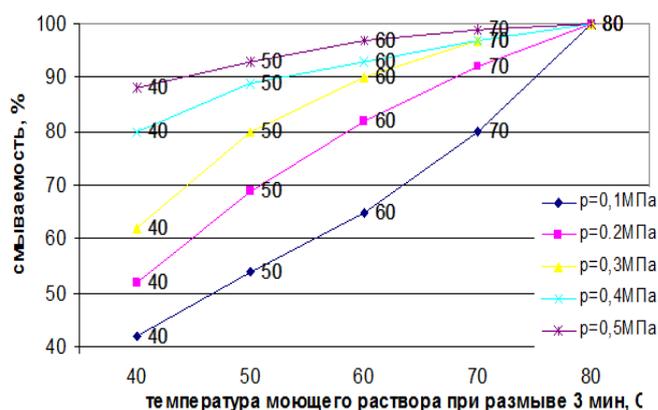


Рисунок 2 – Зависимость смываемости трудносмываемого загрязнения (яичного желтка):
 $p=0,1\text{МПа}$, $p=0,2\text{МПа}$, $p=0,3\text{МПа}$, $p=0,4\text{МПа}$,
 $p=0,5\text{МПа}$

При выполнении циклов измеряется количество потребленной электроэнергии, расход воды, температура подаваемой воды и температура воды, выходящей из моечной камеры (с помощью термодатчика, установленной на входе циркуляционного насоса). Количество потребленной энергии и расход воды берутся как средние значения результатов измерений за не менее чем три цикла работы.

В автоматических посудомоечных машинах могут проводиться дополнительные измерения расхода энергии и воды при работе машины по разным программам.

Таким образом, проведение эксперимента позволило отразить в ИЭТР рекомендации по технической эксплуатации посудомоечных машин. Несмотря на то, что инструкции по эксплуатации посудомоечных машин прилагаются при покупке, однако разработанные ИЭТР посудомоечных машин позволяют потребителям данной техники ознакомиться не только с основными принципами работы посудомоечной машины, конструкцией, электрическими схемами, но с неисправностями и способами их устранения в посудомоечной машине, а также с рекомендациями для потребителя сложной бытовой техники. Так известно, что если звук при

работе машины естественный, то это объясняется неправильным расположением посуды в корзине посудомоечной машины. Поэтому рекомендации, подготовленные в ИЭТР, рекомендуют необходимость размещения посуды таким образом, чтобы она не касалась друг к другу. Для обеспечения качественного мытья посуду располагают так, чтобы струя воды беспрепятственно попадала на все предметы. Столовые приборы с длинными ручками могут перекрыть струю моющего раствора, поэтому их лучше размещать на подставке для чашек. Для трудносмываемой посуды рекомендовано использовать температуру моющего раствора 80°C при трехминутном размыве средства (согласно проведенного эксперимента). В эксперименте было установлено, что 60-90% загрязнений смывается в течение 3 минут, а полный смыв происходит за 5 минут, поэтому в качестве рекомендаций можно предложить устанавливать температуру моющего средства на 60°C, так как это оптимальная температура мойки посуды. Рекомендации по обслуживанию и использованию посудомоечной машины внесены в разработанные ИЭТР, предлагаемые при покупке бытовой техники.

Эксперимент позволил выявить оптимальные рабочие параметры посудомоечной машины, что, в свою очередь, ведет к повышению ее эффективности, улучшению энергетических показателей и обеспечению грамотного и оправданного сервисного обслуживания.

Литература

- 1 Тихонова О.Б. Разработка системы интерактивных средств обеспечения эксплуатационной эффективности бытовых холодильных приборов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / О.Б. Тихонова. – Шахты: ЮРГУЭС, 2012. – 26 с.
- 2 Тихонова О.Б. Принципы создания и использования интерактивных электронных технических руководств в сфере бытовой холодильной техники/ Тихонова О.Б., Першин В.А. - «Известия вузов. Сев. Кавк. регион», 2010. - №9.- с 36-37
- 3 Тихонова О.Б. Интерактивные средства обеспечения эксплуатационной эффективности бытовых холодильных приборов/ О.Б. Тихонова, Д.В. Русяков. – Электронный журнал «Инженерный Вестник Дона», 2012.- №4 (2). - с.3.
- 4 Тихонова О.Б. Интерактивные обучающие программы в образовательном процессе по бытовой холодильной технике/О.Б. Тихонова, Д.В. Русяков. – Электронный журнал «Инженерный Вестник Дона», 2014, №1, с.3.

ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ОБМОТКИ ВОЗБУЖДЕНИЯ АСИНХРОНИЗИРОВАННЫХ ГЕНЕРАТОР-ДВИГАТЕЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ

И.К. Кобяков¹, Б.В. Сидельников¹

ФГАОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный политехнический университет" (СПбГПУ), 195251, Санкт-Петербург, Политехническая, 29.

Разработана методика определения перенапряжений при переходных режимах по уравнению динамики с учетом изменения скорости, насыщения, номинальных параметров машины. Рабочая модель реализована с помощью программного комплекса Matlab/Simulink. Представлены сравнительные данные для ЭДС конкретной секции, а также для максимальных величин напряжений на группе выбранных секций обмотки возбуждения асинхронизированного генератор-двигателя в режиме внезапного трехфазного короткого замыкания, полученные моделированием и аналитическим методом. Рассмотрены различные конструктивные исполнения обмотки возбуждения асинхронизированного генератор-двигателя как способ ограничения динамических перенапряжений. Проанализированы способы снижения перенапряжений при переходных режимах.

Ключевые слова: генератор-двигатель, асинхронная машина, фазный ротор, моделирование, короткое замыкание

JUSTIFICATION AND DEVELOPMENT OF RATIONAL DESIGN OF THE EXCITATION WINDING ASYNCHRONOUS MOTOR-GENERATORS IN ORDER TO IMPROVE THEIR ENERGY EFFICIENCY AND OPERATIONAL RELIABILITY

I.K. Kobayakov, B.V. Sidel'nikov

*St. Petersburg State Polytechnic University" (SPbSTU),
195251, St. Petersburg, polytechnics, 29.*

The technique of determining the transient overvoltage conditions by the equation taking into account the dynamics of change of velocity saturation, the nominal parameters of the machine. Ra-bochaya model is implemented using a software package Matlab / Simulink. The comparative data for a particular section of the EMF, as well as the maximum value for the voltage-ny group selected windings excitation generator-motor asynchronized mode sudden phase short circuit obtained by modeling and analysis. Various structural performance of the field winding asynchronized generator-motor as a way to limit the dynamic surge. Analyzed ways to reduce surges during transients.

Keywords: generator-engine, asynchronous machine, the rotor phase, modeling, short circuit

В связи с повышением требований к генерирующему и приводному оборудованию возникает интерес к повсеместному внедрению машин двойного питания. От синхронных машин машины двойного питания отличаются тем, что магнитное поле можно перемещать относительно ротора регулированием возбуждения, от асинхронных машин с короткозамкнутым ротором машины двойного питания отличаются тем, что это перемещение создается посторонним источником и является управляемым. Асинхронная машина с фазным ротором является в чистом виде машиной двойного питания, большинство машин можно представить

в виде машин двойного питания. В последнее время большое внимание уделяется разработке и созданию асинхронизированных генератор-двигателей (АСГД), у которых асинхронный режим используется кратковременно в переходных режимах.

Внедрение АСГД в энергетическом оборудовании позволяет по-новому взглянуть на вопросы устойчивости, экономичности и качества регулирования выходных параметров в электросистеме. В случае приводного оборудования АСГД используются для плавного пуска и при необходимости глубокого регулирования частоты вращения вала.

¹Кобяков Илья Кириллович – аспирант, кафедры Электрические машины ФГАОУ ВО СПбГПУ, тел.: (812) 552-85-30;

²Сидельников Борис Викторович – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент АЭН РФ, профессор кафедры Электрические машины, тел.: (812) 552-85-30; e-mail: sidelnik@mebil.stu.neva.ru

При реализации работы были поставлены следующие задачи:

- разработать модель, позволяющую анализировать режимы работы генератор-двигателей;
- на основе разработанной программы исследовать режимы работы асинхронизированного генератор-двигателя, связанные с перенапряжениями;
- выявить влияние на перенапряжения схем соединения распределенных обмоток электрических машин.

В рамках данной работы разрабатывается современная математическая модель, которая должна удовлетворять следующим требованиям:

- учитывать основные физические явления, свойственные рассматриваемым электромеханическим системам;
- содержать ограниченное количество параметров и характеристик, которые можно найти в соответствующих каталогах или рассчитать с использованием известных методик;
- допускать возможность объединения отдельных частных моделей в единую структуру без изменения внутренних вычислительных процедур;
- обладать физической наглядностью, простотой реализации при вариантных исследованиях, быть доступной для специалистов электромехаников, ограниченно подготовленных в области компьютерных технологий.

Исследование АСГД на физических моделях требует подготовки дорогостоящих стендов, высококвалифицированного персонала, трудоемко и энергоемко.

Современные методы исследования предполагают использование численных методов для математического моделирования объекта исследования. С одной стороны, это позволяет осуществить научный задел, которым выступают труды по теории электрических машин А.А. Горева, где предложен метод исключения уравнений с периодическими коэффициентами для взаимно перемещающихся цепей, а также результаты лабораторных исследований на физической модели под руководством Л.А. Суханова, изложенные в журнале «Электричество» в 80-х годах XX века, а с другой – большие возможности вычислительной техники и прикладное программное обеспечение.

Сложная проблема в моделировании – подготовка модели объекта исследования. При решении поставленных задач сделана ориентация на современный программный пакет *Matlab* с приложением *Simulink*. Это популярная, широко распространенная и удобная для технических вычислений среда, существенно упрощающая процесс разработки программ, анализ и визуализацию данных, их обработку и корректировку. Система имитационного моделирования *Matlab/Simulink* предполагает набор

ядра программы из библиотечных блоков, которые: либо реализуют отдельные логические, линейные и нелинейные математические процедуры, источники сигналов, виртуальные приборы наблюдения и регистрации, либо являются законченными моделями конкретных технических устройств. В отличие от классических способов компьютерных реализаций пользователю приложения *Simulink* не требуется знать весь комплекс *Matlab* и его приложения, досконально изучать специальные приемы программирования.

Несмотря на наличие в разделе *PowerSystems* библиотеки пакета *Simulink* нескольких, отличающихся по уровню представления, подходящих моделей, которые можно приспособить для анализа режимов работы АСГД, принято решение формировать задачу по отдельным процедурам в соответствии с уравнениями вида Парка-Горева. При таком подходе наиболее просто вносятся изменения в базовую схему для детального анализа, например, для уточнения методики учета насыщения и вихревых токов.

Практически во всех исследованиях режимов работы АСГД в той или иной форме используются линейные преобразования координат. Реальные фазные (a, b, c) переменные изображаются в ортогональных координатах (d, q), перемещающихся на пространственно-временной плоскости с определенной скоростью (ω_s). При этом для машин с электрически или магнитно- несимметричным индуктором оси d, q чаще всего привязываются к ротору ($\omega_s = \omega$). Так поступают, например, в случае анализа обычных синхронных генераторов и двигателей, либо АСГД с регулируемой поперечной обмоткой. При симметричном роторе удобно движение координат согласовать с изображающим вектором напряжения сети, полагая $\omega_s = \omega_1$.

В случае машин с симметричным в электрическом и магнитном отношении ротором могут быть применены любые, например, синхронные координаты. Одним из преимуществ последних является равенство нулю производных от потокоцеплений, токов и частоты вращения в установившихся режимах при синусоидальном согласованном питании обмоток, независимо от скорости вала. Упрощаются расчеты, в том числе, начальных значений переменных, которые необходимо знать при анализе переходных режимов. В тоже время для исследования процессов в фазных обмотках ротора, оценки величин перенапряжений при динамических переходах с учетом роли системы возбуждения более удобными представляются d, q координаты, жестко привязанные к ротору, а в случае двухфазной обмотки, совмещенные с магнитными осями фаз.

Представление параметров и переменных в безразмерном виде упрощает вид уравнений, облегчает сопоставление и обобщение

результатов анализа системных задач, делает более простой технику вычислений и снижает вероятность ошибок. При моделировании были использованы стандартные в теории машин переменного тока базисные величины, связанные с номинальными значениями основных переменных.

Система уравнений АСГД в осях d_s и q_s , вращающихся с произвольной частотой ω_s , в относительных единицах представлены в виде формул (1 – 16).

В зависимости от выбранной величины ω_s уравнения вида (1 – 16) могут представлять

$$\frac{d\psi_{ds}}{d\tau} = u_{ds} + \omega_s \psi_{qs} - i_{ds} \cdot r_s \quad (1)$$

$$\frac{d\psi_{qs}}{d\tau} = u_{qs} - \omega_s \psi_{ds} - i_{qs} \cdot r_s \quad (3)$$

$$\frac{d\psi_{drs}}{d\tau} = u_{drs} + (\omega_s - \omega) \psi_{qrs} - i_{drs} \cdot r_r \quad (5)$$

$$\frac{d\psi_{drs}}{d\tau} = u_{drs} + (\omega_s - \omega) \psi_{qrs} - i_{drs} \cdot r_r \quad (7)$$

$$\frac{d\psi_{ed}}{d\tau} = (\omega_s - \omega) \psi_{eq} - i_{ed} \cdot r_e \quad (9)$$

$$\frac{d\psi_{eq}}{d\tau} = -(\omega_s - \omega) \psi_{ed} - i_{eq} \cdot r_e \quad (11)$$

$$x_0 \frac{di_0}{d\tau} = u_0 - i_0 r_s \quad (13)$$

$$\frac{d\omega}{d\tau} = (\psi_{ds} \cdot i_{qs} - \psi_{qs} \cdot i_{ds} - m_T) \cdot H_J^{-1} \quad (15)$$

Математическая модель реализована в пакете с учетом основных сопутствующих явлений, в том числе насыщения, изменения частоты вращения и напряжения статорной обмотки, регулирования возбуждения. Иллюстрацией структуры разработанной модели является рисунок 1. Она объединяет процедуры, реализованные в отдельных подмоделях (*Subsystem*), а также управляющие (*Switch*) и регистрирующие (*Scope, Display*) элементы. При этом подмодели: описывают процессы в машине двойного питания согласно уравнениям (1 – 16) в осях d, q (*Subsystem*); проводят линейные преобразования токов статорной обмотки к фазным значениям от значений токов в осях d, q (*Subsystem1*); воспроизводят зависимость момента турбины от частоты вращения (*Subsystem2*); моделируют регулирование напряжения возбуждения (*Subsystem3*); определяют насыщенные значения сопротивления намагничивающего контура (сопротивления реакции якоря) x_a по функциональной зависимости параметров машины от суммарной намагничивающей силы (*Subsystem4*).

Представленная модель (рисунок 1) предназначена для анализа широкого круга различных процессов. В частности, предусмотрены коммутаторы *Switch1-2*, которые позво-

ляют скачкообразно изменять напряжение сети по определенному временному графику. Полагая $\omega_s = \omega$, формально переходим к роторным координатам, вращающимся со скоростью вала, и, соответственно, к новым переменным. Если принять $\omega_s = \omega_1$, имеем синхронные координаты, отслеживающие положение изображающего вектора напряжения сети, а при $\omega_s = 0$ – неподвижные по отношению к статору.

Для решения задачи необходимо знать совокупность параметров, которые входят в исходные уравнения.

$$\psi_{ds} = x_{\sigma s} \cdot i_{ds} + \psi_{ads} \quad (2)$$

$$\psi_{qs} = x_{\sigma s} \cdot i_{qs} + \psi_{aqs} \quad (4)$$

$$\psi_{drs} = x_{\sigma r} \cdot i_{drs} + \psi_{ads} \quad (6)$$

$$\psi_{qrs} = x_{\sigma r} \cdot i_{qrs} + \psi_{aqs} \quad (8)$$

$$\psi_{ed} = x_{\sigma e} \cdot i_{ed} + \psi_{ads} \quad (10)$$

$$\psi_{eq} = x_{\sigma e} \cdot i_{eq} + \psi_{aqs} \quad (12)$$

$$\psi_{ads} = x_a (i_{ds} + i_{drs} + i_{ed}) \quad (14)$$

$$\psi_{aqs} = x_a (i_{qs} + i_{qrs} + i_{eq}) \quad (16)$$

ляют скачкообразно изменять напряжение сети по определенному временному графику.

Подмодель *Subsystem3*, расшифрованная на рисунке 2, – схема для регулирования напряжений возбуждения. Данная подмодель отслеживает скорость вала и в соответствии с ней регулирует частоту питания ротора, также в ней предусмотрен ограничитель максимального напряжения, который на реальном оборудовании используется для предотвращения пробоя изоляции в процессе регулирования возбуждения.

Подмодель *Subsystem4*, расшифрованная на рисунке 3, – схема для определения текущего значения сопротивления намагничивающего контура x_a , изменяющегося из-за насыщения магнитопровода. Насыщением учитывается корректировкой параметра x_a по функции суммарной намагничивающей силы.

В начале 60-х годов XX века в энергетике возник интерес к асинхронизированным синхронным генераторам. Уже в то время была разработана серия машин, установленных на действующие электростанции. Несмотря на то, что работа генераторов в целом оценивается положительно, имели место пробой изоляции обмотки возбуждения, связанные с переходными режимами. До конца так и не были выявлены причины пробоев изоляции.

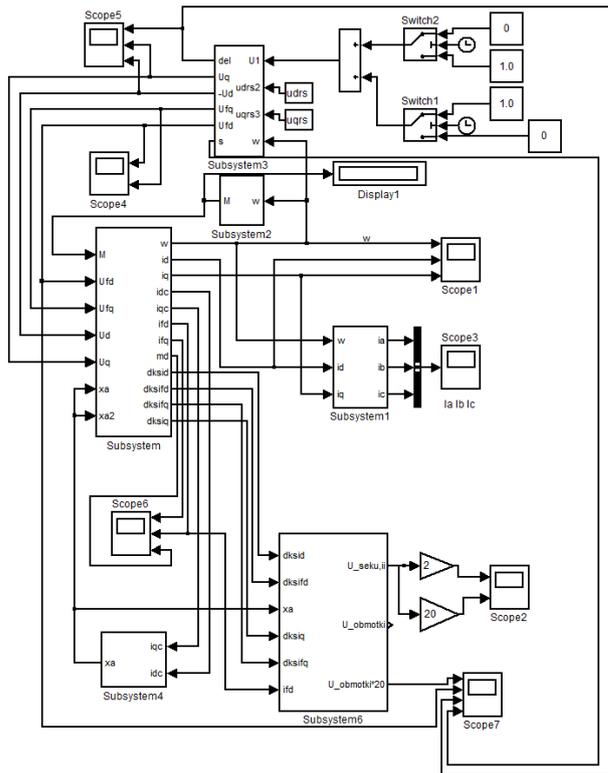


Рисунок 1 – Simulink-модель АСГД

Причинами, вызывающими перенапряжения на распределенной обмотке возбуждения АСГД, являются нестационарные процессы в цепях возбуждения или статора. Обзор возможных причин возникновения перенапряжений на обмотке возбуждения представлен докладом [1].

Первые из них обусловлены питанием обмотки возбуждения от полупроводниковых преобразователей с элементами односторонней проводимости. Современные системы возбуждения при асинхронном вращении ротора АСГД формируют переменные во времени напряжения при помощи широтно-импульсной модуляции с несущей частотой в несколько сотен или тысяч Гц. Высокие градиенты потенциалов способствуют резко неравномерному их распределению по длине обмотки, а при неблагоприятных параметрах к развитию резонансных явлений. Кроме того, постоянное прохождение импульса с крутым фронтом вызывает волновые процессы в токовых цепях, которые могут привести к перенапряжениям на элементах электрооборудования, интенсивному старению и снижению сроков службы изоляции с последующими пробоями даже, казалось бы, при допустимых уровнях напряжений [2, 3]. Перенапряжения, вызванные импульсами системы возбуждения, применительно к асинхронным двигателям рассмотрено в литературе [4, 5]. Наибольшие успехи по освоению асинхронизированных гидрогенераторов достигнуты в Японии фирмами Hitachi и Toshiba [6, 7] (которые создали АСГД мощностью до 500 мВт с

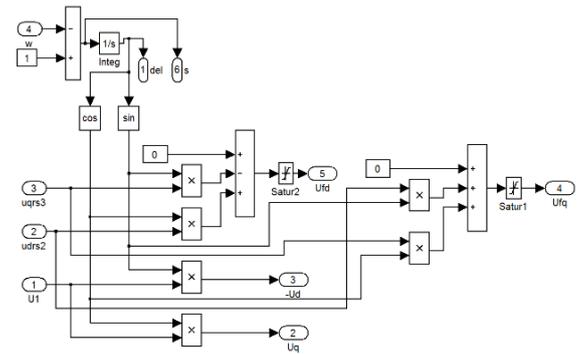


Рисунок 2 - Схема для определения напряжений возбуждения (Subsystem3)

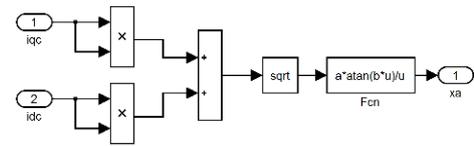


Рисунок 3 – Схем для определения сопротивления намагничивающего контура (Subsystem4)

возможным изменением ω в пределах $\Delta\omega = \pm 10\%$), где для борьбы с подобными явлениями применяют тройные фильтры, а так же в цепях возбуждения устанавливают специальные ограничители. Подобные меры исключают необходимость введения каких-либо изменений в конструкцию собственно генератора.

При переходных режимах в энергосистеме (внезапных коротких замыканиях, обрыве фазы, грубой синхронизации и т.д.) в токе статора возникают аperiodические составляющие, индуцирующие в фазах ротора электродвижущие силы (e_r) частоты вращения, которая в зависимости от числа витков индуктора может превышать номинальное напряжение якоря. Хотя напряжение на кольцах ротора определяется возбудителем, распределение потенциалов по длине обмотки неравномерно, что проявляется в виде перенапряжений на отдельных группах секций. Этот фактор, по мнению ряда исследователей может быть наиболее вероятной причиной пробоя изоляции катушек ротора и должен приниматься во внимание при проектировании генератора.

Впервые на необходимость изучения динамических перенапряжений обращено внимание ещё в 60-х годах прошлого столетия [8, 9]. Был предложен достаточно простой аналитический способ расчета перенапряжений, ориентированный на построении векторных диаграмм секционных электродвижущих сил (ЭДС) обмотки возбуждения от аperiodических токов статора.

Основными недостатками такого подхода являются:

- необходимость предварительного определения ЭДС, индуцируемых апериодическим током статора в обмотке возбуждения и допущение о постоянстве этих токов во времени;

- отсутствие четкого представления об индуктивных параметрах машины, определяющих падение напряжения на секциях;

- пренебрежение насыщением и влиянием активных сопротивлений, изменением частоты вращения и регулированием возбуждения.

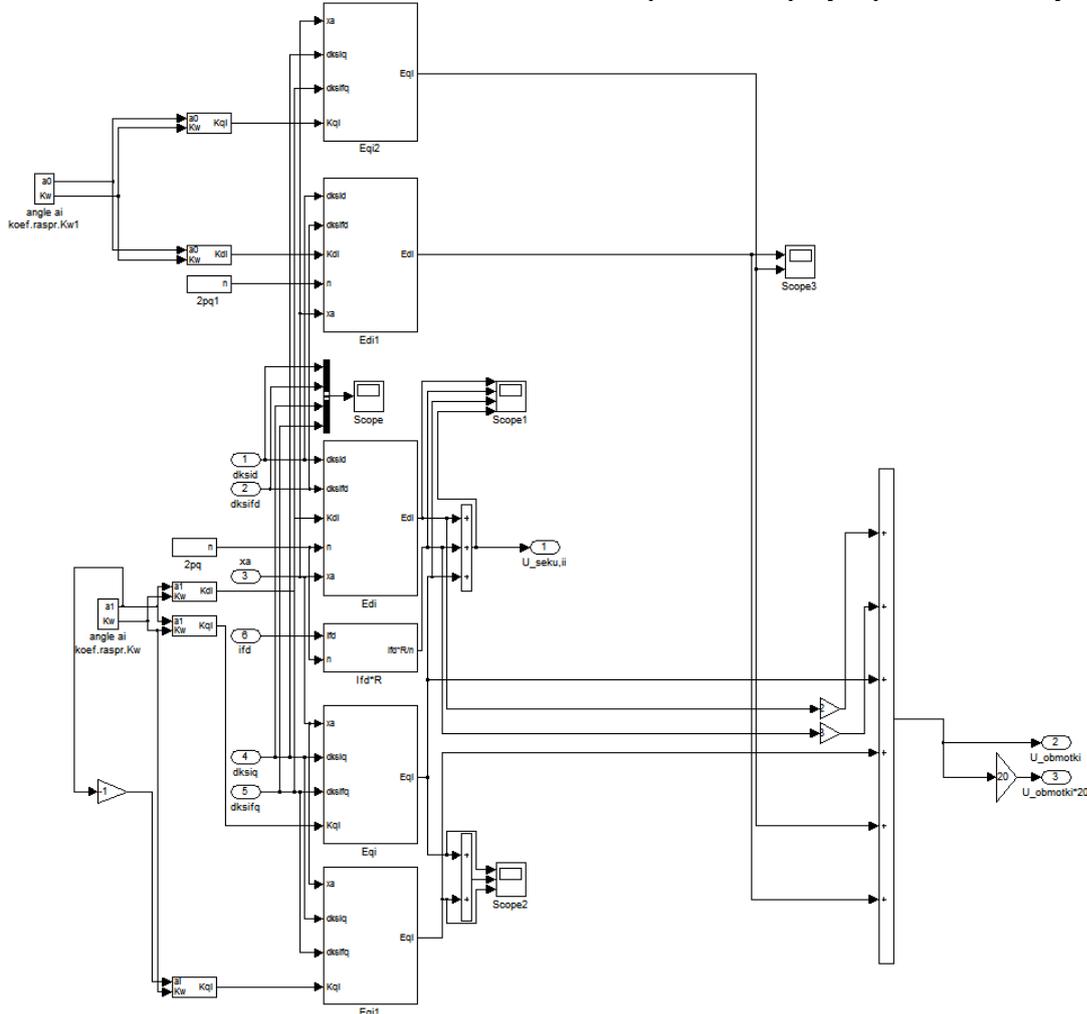


Рисунок 4 – Схема для определения перенапряжений обмотки возбуждения (Subsystem5)

Более точные данные с учетом всех определяющих факторов можно получить с использованием представленных выше моделей, которые являются известными, хорошо отработанными математическими моделями синхронных машин, дополненные специальными подмоделями для расчета искомых напряжений в переходных процессах. Краткое описание модели АСГД, построенное в системе имитационного моделирования *Matlab/Simulink*, в которой учтены перечисленные выше недостатки предыдущего метода, представлено докладом [10] и более подробно в [11].

Для расчета перенапряжений нужно знать ЭДС, которые наводятся в секции обмотки ротора, их можно рассчитать, зная соответствующие производные от потокосцеплений. Особенностью данных машин является распределенная обмотка на роторе, в ней наводится ЭДС от поля по продольной и поперечной оси (17).

$$e_i = e_{di} + e_{qi} = k_d \frac{d\psi_d}{d\tau} + k_{fd} \frac{d\psi_{fd}}{d\tau} + k_q \frac{d\psi_q}{d\tau} + k_{fq} \frac{d\psi_{fq}}{d\tau} \quad (17)$$

где: k_d, k_{fd}, k_q, k_{fq} – коэффициенты, учитывающие какая часть полного потока сцеплена с каждой секцией.

На основе представленных уравнений была разработана подмодель (рисунок 4) для определения перенапряжений.

Наиболее тяжелые условия с точки зрения перенапряжений рассматриваемого вида связаны с режимами, когда максимально проявляются апериодические токи статорной обмотки. Сюда, в том числе, относятся трехфазные короткие замыкания максимально приближенные к выводам машины, повторные включения в сеть, грубая синхронизация и т.д. Именно для этих режимов по параметрам макета асинхронизированного генератор-двигателя ОАО «Электросила» типа АСГО316 проведены расчеты двумя описанными выше методами.

Все решения выполнены в относительных единицах при обычных для синхронных машин базисных количествах.

В качестве примеров на рисунках 5 - 8 последовательно в функции синхронного времени ($\tau = 2\pi f_1 t$) воспроизведены режимы:

- работы машины при номинальном напряжении сети и времени $0 < \tau < 6,28$ рад ($0,02$ с);
- трехфазного короткого замыкания ($6,28 < \tau < 15,7$ рад);
- повторного включения на сеть с номинальным напряжением.

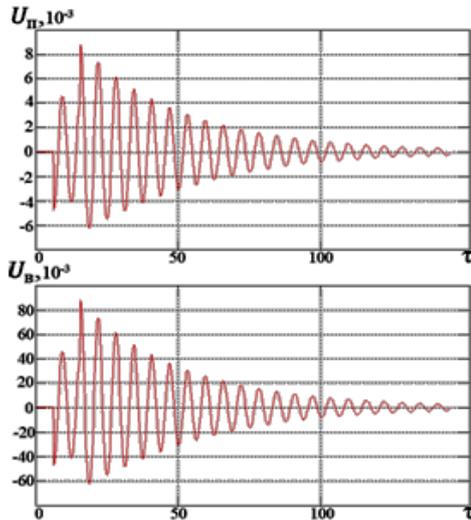


Рисунок 5 – Максимальные напряжения на выбранных элементах петлевой U_n и волновой U_v обмотки возбуждения при трехфазном коротком замыкании с последующим повторным включением в сеть

На рисунке 5 показано, каких значений могут достигать амплитуды напряжений на выбранных элементах петлевой или волновой обмотки возбуждения макета. На рисунке 6 выделена начальная часть процесса рисунка 5.

С целью оценки точности расчетов для каждого момента времени были просуммированы ЭДС всех секций, индуктированные в рассматриваемом переходном режиме, и падение напряжения на активном сопротивлении ($i_f r_f$) (рисунок 8). Результат этой процедуры (рисунок 9) полностью совпадает с напряжением возбудителя, что подтверждает достоверность результатов моделирования.

Переменные по осям координат отложены в относительных единицах.

Рисунок 7 иллюстрирует процесс затухания максимальных напряжений при трехфазном коротком замыкании для двух рассмотренных типов обмоток. Если принять во внимание, что базисное значение напряжения возбуждения рассматриваемой машины равно $U_{f\sigma} = 2480,4$ В, амплитуда исследуемой переменной при повторном включении может достигать в обмотке волнового типа 213,3 В и превышает напряжение возбуждения в номинальном синхронном режиме (U^*) более чем в 10 раз. Интересно, что для петлевой обмотки оно составляет всего 1,06 от номинального значения.

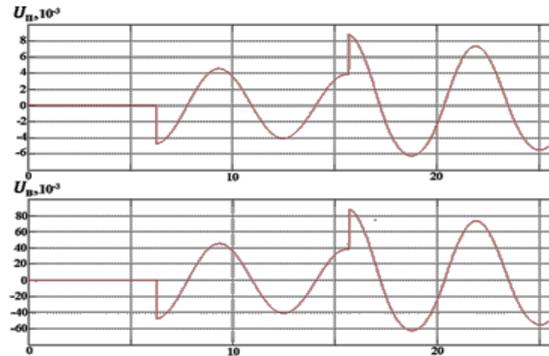


Рисунок 6 - Начальная часть процесса рисунка 5 при наличии на роторе петлевой U_n или волновой U_v обмоток

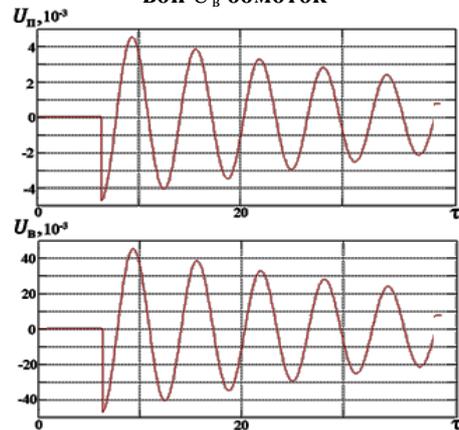


Рисунок 7 – Изменение во времени предельных величин напряжений на элементах петлевой U_n или волновой U_v обмотки возбуждения при трехфазном коротком замыкании

В таблице 1 представлены сравнительные данные для ЭДС конкретной секции (U_{ci}), а также для максимальных величин напряжений на группе выбранных секций (U_c) обмотки возбуждения макета АСГД в режиме внезапного трехфазного короткого замыкания, полученные моделированием или аналитическим методом и отнесенные к напряжению U_{fn} при номинальной нагрузке и синхронной скорости вала.

Завышенные результаты аналитических расчетов, главным образом, объясняются не учетом затухания во времени токов статорной цепи. Наглядной иллюстрацией данных таблицы 1 является рисунок 10.

Хотя рассчитанные выше перенапряжения для макета не являются критическими, в генераторах большой мощности вряд ли можно получить подобные результаты в связи с необходимостью выбора более высоких напряжений на кольцах ротора в стационарных условиях.

Кроме того, при скольжениях, отличных от нуля, динамические составляющие суммируются с существенно возросшим напряжением возбудителя.

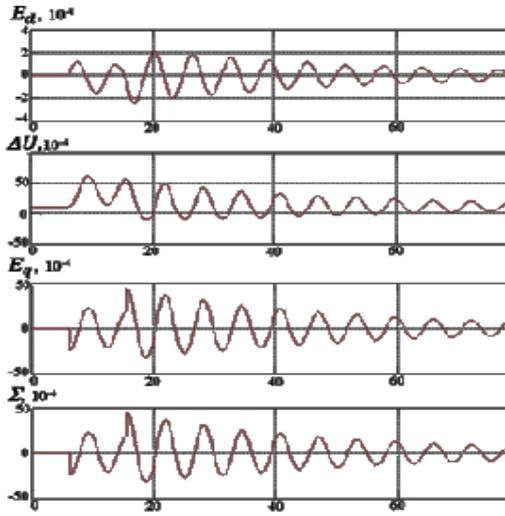


Рисунок 8 – ЭДС секции, наведенная продольным E_d и поперечным E_q полем, падение напряжения $\Delta U = i_f r_f / 2pq$, и их сумма Σ

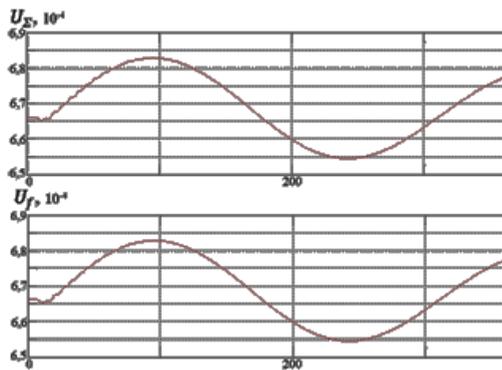


Рисунок 9 – Полученное по составляющим на-
пряжению на всех секциях фазы обмотки возбу-
ждения U_Σ , напряжение возбудителя U_f

Поэтому вопрос снижения перенапряжений рассматриваемого вида актуален, причем можно предложить к анализу три следующих способа достижения цели:

- изменением параметров генератора;
- уменьшением числа витков обмотки возбуждения;
- выбором рациональной схемы обмотки.

Целенаправленным изменением параметров машины принципиально можно уменьшить ЭДС, индуцируемую в контурах ротора при переходных режимах. В частности в процессе внезапного трехфазного короткого замыкания на зажимах асинхронизированных генераторов за счет не затухающих апериодических токов статора в обмотке возбуждения генерируется ЭДС равная: $E_r = U_s \omega \left(1 - \frac{x_s}{x'_d}\right)$ о. е., где U_s – напряжение в относительных единицах (о.е) для режима, предшествующего короткому

замыканию, x'_d, x_s – переходное сопротивление и сопротивление рассеяния статорной обмотки, ω – частота вращения вала.

К сожалению, с целью уменьшения E_r сколь-либо заметное увеличение отношения x_s/x'_d вряд ли возможно без ухудшения эксплуатационных свойств генератора.

Таблица 1 – Максимальные напряжения на вы-
бранных секциях ротора, рассчитанные для вне-
запного короткого замыкания аналитически и с
помощью моделирования

τ (рад)	U_i (В)		U_i/U_{fn}		$U_{i\text{аналит}}/U_{fn}$	
	волновая	петлевая	волновая	петлевая	волновая	петлевая
9,0	111,6	11,1	5,58	0,56	7,61	0,76
16,0	94,26	9,43	4,71	0,47	7,61	0,76
22,0	81,85	8,19	4,09	0,41	7,61	0,76
28,5	69,45	6,95	3,47	0,35	7,61	0,76
34,5	57,05	5,70	2,85	0,29	7,61	0,76
41,0	49,61	4,96	2,48	0,25	7,61	0,76
47,0	42,17	4,22	2,11	0,21	7,61	0,76
53,0	37,21	3,72	1,86	0,19	7,61	0,76
59,5	29,76	2,98	1,49	0,15	7,61	0,76
66,0	26,04	2,60	1,30	0,13	7,61	0,76
72,3	23,56	2,36	1,18	0,12	7,61	0,76

Кратности перенапряжений, рассчитанные аналитическим методом (АМ) и мат.моделированием (ММ), для

- ◆ волновой обмотки (ММ)
- петлевой обмотки (ММ)

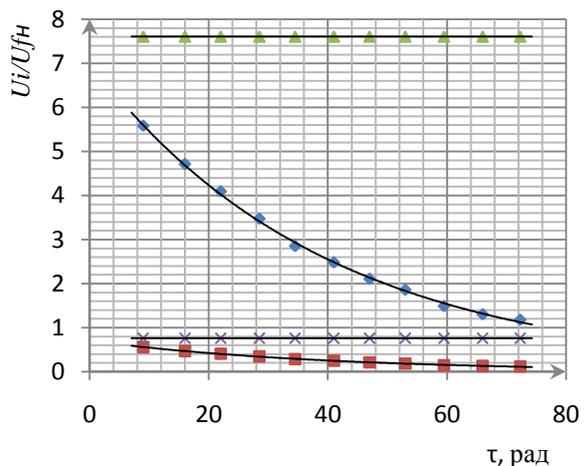


Рисунок 10 – Динамические перенапряжения на элементах волновой или петлевой обмотки возбуждения

Уменьшение числа витков обмотки возбуждения соответствует по условиям обеспечения установившихся режимов аналогично изменению напряжения и росту тока возбу-

ждения при их измерении в именованных единицах, что в свою очередь ведет к увеличению суммы потерь: электрических в обмотке (p_e) и щеточном контакте ($p_{щ}$), а также механических. Становится более громоздким узел токопровода.

Суммарные электрические потери определяются: $p_f = p_e + p_{щ} p_e = i_f^2 r_f, p_{щ} = \Delta U_{щ} i_f$.

Сопротивление обмотки равно: $r_f = \rho l_v j F_f / i_f^2$, где ρ – удельное сопротивление проводников, l_v – средняя длина витка, j – плотность тока, F_f, i_f – магнитодвижущая сила (МДС) и ток возбуждения.

Для заданных МДС индуктора и плотности тока в номинальном режиме при изменении напряжения на кольцах ротора (U_f) электрические потери оказываются постоянными, а именно $p_e = \rho l_v F_f$. Однако в этом варианте пришлось бы менять геометрию пазового слоя ротора, т.к. с ростом напряжения за счет дополнительной изоляции снижается коэффициент заполнения паза медью (k_3). При желании сохранить площадь паза ($S_{п}$) имеем: $p_e = \rho l_v F_f^2 / k_3 S_{п}$. Здесь при увеличении U_f и соответствующем уменьшении i_f за счет уменьшения k_3 потери в реальных условиях незначительно растут.

Если принять, что $\Delta U_{щ} = \rho_{щ} j_{щ} l_{щ} = const$, величина $\rho_{щ}$ оказывается пропорциональной току возбуждения, а при $k_3 = const$ обратно пропорциональной U_f . В таком случае оптимальным с точки зрения суммарных потерь будет условие повышенных напряжений возбуждения и, к сожалению, перенапряжений в переходных режимах.

Выбор рациональной схемы обмотки является наиболее радикальным способом ограничения динамических перенапряжений, особенно для тихоходных машин большой мощности. Иллюстрацией к сказанному могут служить данные таблицы 1, согласно которой простая замена волновой на петлевую обмотку возбуждения исследуемого макета гидрогенератора позволяет снизить ожидаемые максимальные напряжения между выбранными секциями при переходных режимах практически в десять раз. Если по определенным причинам желательно использовать волновую обмотку, в [8, 9] для снижения индуктированных напряжений предлагается схему дополнить специальными переключками.

Результаты исследования позволяют на этапе разработки конструкции машины повысить надежность оборудования, при проектировании электрических машин исключить возможность выхода из строя эксплуатируемого оборудования, в том числе при аварийных режимах.

Литература

1. Кобяков И.К. Перенапряжения на роторных обмотках электрических машин двойного питания / Кобяков И.К., Сидельников Б.В. // XL неделя науки СПбГПУ: материалы междунар. научно-практической конф. Ч. II – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – С.79-80;
2. Беспалов В.Я., Зверев К.Н. Импульсные перенапряжения в обмотках асинхронных двигателей при питании от ШИМ-преобразователей. Электротехника, 1999, №9. - С.56-59;
3. БеласселМ-Т, Беспалов В.Я., ШетатБухемис. Емкостные параметры и перенапряжения в обмотке асинхронного двигателя, питаемого от ШИМ-преобразователя. Электротехника, 2005, №1. - С.44-47;
4. Ватаев А.С., Попов В.В., Талья И.И. Расчет импульсных перенапряжений в обмотке статора асинхронных электродвигателей при питании от инвертора с широтно-импульсным модулятором. // Научно-технические ведомости СПбГПУ. - СПб., 2007, №2. - С.203-207;
5. Ватаев А.С. Высокочастотные электромагнитные процессы и перенапряжения в частотно-регулируемых асинхронных электродвигателях с короткозамкнутым ротором: дис. ... канд. техн. наук: 05.09.01: от 11.12.09 / Ватаев Андрей Сергеевич. – 2009, С.189;
6. Мамиконянц Л.Г., Шакарян Ю.Г. Асинхронизированные синхронные генераторы: Состояние, проблемы, перспективы. «Электричество» №3, 1994. - С.1-9;
7. Цгоев Р.С. Параллельная работа синхронной и асинхронизированной машины переменного тока. Электро. Исследования и разработки. 2004, №6. - С.8-13;
8. Волкова Е.А., Суханов Л.А. Способ снижения индуктированных напряжений между частями многослойной обмотки фазного ротора. Электротехника, 1974, №2. - С. 17-20;
9. Волкова Е.А., Суханов Л.А., Филичев О.Н. Исследование индуктированных напряжений в обмотке ротора асинхронизированных машин. Электричество, 1976, № 10. - С. 29-34;
10. Кобяков И.К. Разработка методики расчета динамических перенапряжений на обмотке возбуждения асинхронизированного синхронного генератора. Дис.Магистр. 2012. - С.100;
11. Кобяков И.К. Методика расчета динамических перенапряжений на обмотке возбуждения асинхронизированного синхронного генератора. 3-я конференция молодых специалистов инженерно-технических служб ОАО «Силовые машины», 2012. - С.17.
12. Кобяков И.К. Способы снижения перенапряжений на обмотках возбуждения в нестационарных режимах асинхронизированных генераторах/ Кобяков И.К., Сидельников Б.В.//Научно-технические ведомости СПбГПУ.-СПб., 2013, №4-1(183)'2013. - С.158-166;
13. Кобяков И.К. Моделирование режимов работы электрических машин двойного питания//XII научно-техническая конференция «Взгляд в будущее-2014». –ОАО «ЦКБ МТ «Рубин», 2014. - С.259-266.

КЛАСТЕРЫ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ УСЛУГ С ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ РЕКОНФИГУРАЦИЕЙ

В.А. Богатырев¹, А.В. Богатырев²

Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. (Университет ИТМО); 197101, Санкт-Петербург, пр. Кронверкский, 49

Для информационных систем кластерной архитектуры проанализированы возможности повышения эффективности предоставления информационных услуг в реальном времени в результате адаптивной энергосберегающей реконфигурации системы, сопровождающейся отключением узлов, избыточных для обеспечения требуемого качества услуг.

Ключевые слова: энергосбережение, надежность, кластер, реальное время, оптимизация, реконфигурация, оптимизация.

LUSTERS PROVIDE INFORMATION SERVICES WITH ENERGY SAVING RECONFIGURATION

V.A. Bogatyrev, A. C. Bogatyrev

National research University of information technologies, mechanics and optics. (University ITMO); 197101, St. Petersburg, Kronverksky prospect, 49

For information systems cluster architectures analyzed the possibility of increasing the efficiency of information services in real time through an adaptive energy-efficient reconfiguration of the system, accompanied by disconnecting nodes, redundant to ensure the required quality of services.

Keywords: energy efficiency, reliability, cluster, real time optimization, reconfiguration, optimization.

Введение

Эффективность вычислительных систем в сфере информационного сервиса, в том числе их экономическая эффективность, во многом определяется уровнем энергопотребления, информационной безопасности [1] и функциональной надежности [2-5], под которой понимается надежность выполнения запросов с учетом требуемых сроков и качества обслуживания. Повышение готовности (доступности) и надежности информационных систем достигается в результате резервирования, которое вместе с тем приводит к удорожанию системы, и к росту энергопотребления, что влечет дополнительные эксплуатационные потери и снижение потенциального уровня надежности от резервирования. Снижение надежности информационной системы при увеличении ее энергопотреблении обуславливается ужесточением условий функционирования, в том числе в результате повышения тепловыделения.

Для снижения отрицательного влияния резервирования компьютеров на рост энергопотребления с целью повышения надежности и экономической эффективности центра обработки данных могут применяться [6]:

- кондиционирование и охлаждение;
- оптимизация количества узлов;
- новейшие микропроцессоры с низким напряжением питания и энергопотреблением;
- хранение данных на базе флэш-памяти с низким энергопотреблением;
- Blade серверы.

Эффективность использования резервированных ресурсов, в том числе по возможности управления энергопотреблением, достигается при их консолидации в результате объединения компьютерных узлов в кластеры. Консолидация ресурсов хранения и обработки данных в кластерах позволяет реализовать динамическое распределение поступающего потока запросов [7,8] при адаптивной реконфигурации системы к накоплению отказов и изменениям входной нагрузки [9,10].

¹Богатырев Владимир Анатольевич, доктор технических наук, профессор кафедры Вычислительной техники. Университет ИТМО, тел.: +7 911 726 02 26, e-mail: vladimir.bogatyrev@gmail.com;

²Богатырев Анатолий Владимирович аспирант кафедры Вычислительной техники Университет ИТМО тел. (812) 555-24-40, e-mail: gangleon@gmail.com

Для кластерных систем при адаптивной реконфигурации с целью повышения экономической эффективности предоставления информационных услуг реального времени, когда стоимость услуги зависит от задержки ее предоставления, должны учитывать требования своевременности обслуживания запросов при минимизации энергосбережения кластера.

Для обеспечения своевременности предоставления информационных услуг в зависимости от интенсивности потока запросов может потребоваться различное число активных компьютерных узлов, что позволяет реализовать режим энергосбережения на основе адаптивной реконфигурации системы, при которой часть узлов, сверх минимально необходимого числа для качественного обслуживания запросов, может отключаться (переключаться в холодный резерв). При обнаружении увеличения потока запросов происходит адаптивное подключение необходимого числа узлов, находящихся в холодном резерве. Для рассматриваемой организации кластерных систем большей гибкости и соответственно больших возможностей по адаптивной реконфигурации потенциально можно достичь при объединении в кластер большего числа более простых и дешевых компьютерных узлов, в том числе на основе технологии Blade-серверов, которые имеют собственные системы управления охлаждением и электропитанием [6].

Таким образом, представляется актуальным исследование возможностей адаптивной энергосберегающей реконфигурации кластерных систем, которая потенциально может привести к повышению экономической эффективности предоставления информационных услуг в реальном времени, когда стоимость услуги зависит от задержки ее предоставления.

Постановка задачи исследования

Рассмотрим вычислительную систему кластерной архитектуры, предназначенную для предоставления информационных услуг в реальном времени в условиях сбоя, отказов и ошибок.

Кластерная система объединяет n одинаковых серверов, представимых одноканальными системами массового обслуживания с бесконечной очередью. В кластер с интенсивностью Λ поступает общий поток запросов, каждый из которых может быть распределен на

обслуживание в любой узел. Среднее время обслуживания запросов во всех узлах будем считать одинаковым и равным ν .

Будем считать, что при предоставлении информационных услуг в реальном времени, прибыль от безошибочного выполнения каждого запроса, если время его ожидания была меньше t_0 равна a_1 , а если больше t_0 или результат ошибочный, то налагается штраф равный a_2 , при этом расходы на электропитание каждого узла в единицу времени равны a_3 . Будем считать, что имеется возможность отключения узлов (серверов) и отказов от предоставления услуг без наложения каких либо санкций.

Целью работы является исследование возможностей повышения экономической эффективности предоставления информационных услуг в реальном времени в результате адаптивной энергосберегающей реконфигурации системы, сопровождающейся отключением компьютерных узлов, избыточных для обеспечения требуемого качества услуг.

Достижение поставленной цели сопряжено с:

- построением модели кластера, позволяющей оценить эффективность предоставления информационных услуг реального времени в зависимости от интенсивности входного потока запросов и числа активных узлов кластера;
- постановкой и решением задачи поиска оптимального числа отключаемых узлов (переключаемых в холодный резерв), позволяющего максимизировать эффект от предоставления услуг в реальном времени с учетом затрат на энергопотребление.

Оценка доходов от предоставления информационных услуг при резервировании запросов.

Прибыль от предоставления информационных услуг, получаемую в единицу времени, при адаптивной энергосберегающей реконфигурации и без нее определим соответственно как:

$$A = \Lambda b(Pa_1 - (1-P)a_2) - a_3(n-k).$$

$$A_1 = \Lambda b(P_1a_1 - (1-P_1)a_2) - a_3n.$$

где: b – доля потока запросов, принимаемых кластером к обслуживанию; k – число отключенных узлов (находящихся в холодном резерве); P, P_1 – вероятности своевременного полу-

чения безошибочных результатов для систем с реконфигурацией и без нее.

$$\text{При этом } P_1 = r_1 p, P = rp;$$

где: p – вероятность того, что во время $t = t_0 + v$ от поступления запроса до выдачи результатов с выходного буфера, отказы сбои и ошибки, приводящие к искажению или не получению результатов не возникают; r, r_1 – вероятности того, что время ожидания запросов в очереди узла меньше предельно допустимого значения t_0 соответственно для кластеров с реконфигурацией и без нее.

$$r = 1 - (vb\Lambda / (n - k)) \exp(-t_0(v^{-1} - b\Lambda / (n - k))),$$

$$r_1 = 1 - (vb\Lambda / n) \exp(-t_0(v^{-1} - (b\Lambda / n))),$$

$$p = \exp(-\lambda(t_0 + v)),$$

где $b\Lambda$ – интенсивность потока запросов, принимаемая в кластер на обслуживание, а λ – суммарная интенсивность отказов и ошибок вычислений в одном узле.

Оптимизация кратности резервирования запросов

В результате оптимизации при заданной интенсивности потока запросов Λ требуется определить число отключаемых компьютерных узлов в кластере (переключаемых в холодный резерв) k , и долю принимаемых к обслуживанию запросов. Критерий оптимизации - максимум A прибыли от предоставления информационных услуг $Max(A)_{k,b}$ с учетом затрат на энергопотребление при условии обеспечения стационарности процесса обслуживания $(bv\Lambda / (n - k)) < 1$.

При оптимизации кластера без энергосберегающей реконфигурации определяется только доля принимаемых к обслуживанию запросов, для которой достигается максимум доходов от предоставления услуг $Max(A)_b$ при условии стационарности $bv\Lambda / n < 1$.

При поступлении неоднородного потока запросов с различной доходностью от предоставления услуг постановка задачи оптимизации должна ставиться с учетом приоритетности обслуживания запросов [11,12].

Приведем пример оптимизации процесса предоставления информационных услуг реального времени в зависимости от интенсивности входного потока Λ , для кластера, содержащего $n=15$ серверов. Расчеты проведем для предельно допустимом времени ожидания запросов в очереди $t_0=2$ с, среднем времени обслуживания запросов $v=1$ с, $a_1=1$ у.е., $a_2= 2$ у.е. и $a_3=0,1$ у.е.

Результаты поиска параметров оптимизации представлены на рис 1, на котором кривая 1 соответствует оптимальным значениям доли подключенных узлов $K=k/n$ при реконфигурации кластера, кривая 2 соответствует оптимальной доле b запросов, принимаемых к обслуживанию кластером.

Результаты расчета эффективности предоставления информационных услуг представлены на рис.2, на котором кривая 1 соответствует кластеру с адаптивной реконфигурацией при оптимальных значениях параметров b и k , а кривая 2 - кластеру без реконфигурации при оптимизации доли принимаемых к обслуживанию запросов b . Результаты расчетов показывают высокую эффективность энергосберегающей реконфигурации особенно при низкой загрузке системы.

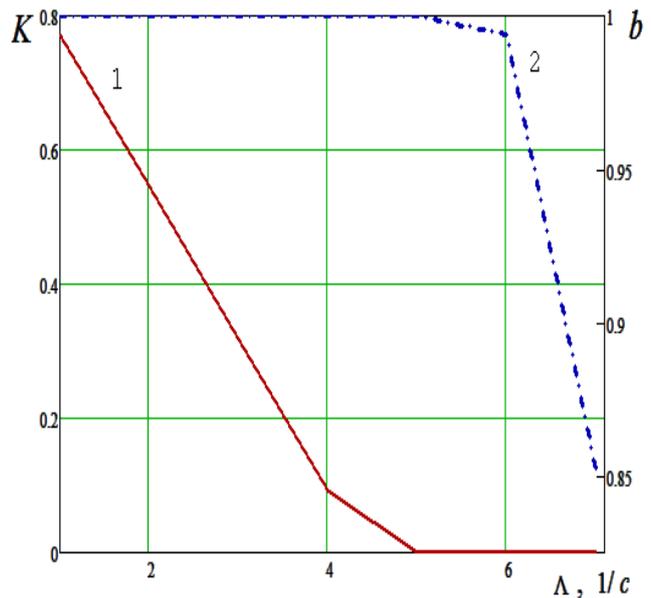


Рисунок 1 – Оптимальные параметры оптимизации реконфигурируемого кластера

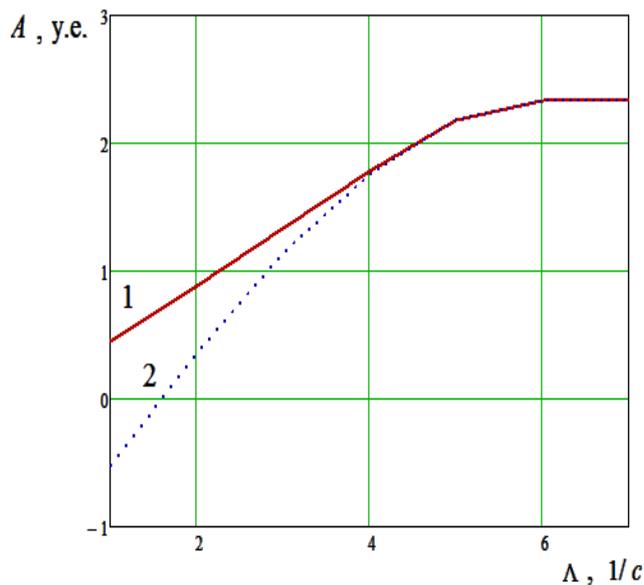


Рисунок - 2. Эффективность реконфигурируемого кластера при оптимальных параметрах k и b

Заключение

Для кластерных систем реального времени, консолидирующих ресурсы серверов, с организацией локальных очередей в каждом из них оценена эффективность адаптивной энергосберегающей реконфигурации, основанной на отключении (переключении в холодный резерв) компьютерных узлов избыточных для обеспечения требуемого качества услуг.

Показана высокая эффективность энергосберегающей реконфигурации особенно при низкой загрузке системы.

Предложена модель кластера, позволяющая оценить эффективность предоставления информационных услуг реального времени в зависимости от интенсивности входного потока и числа активных узлов кластера.

Предложена постановка и решение задачи оптимальной реконфигурации кластера с адаптивным определением числа активных узлов и переключением остального числа узлов в холодный резерв, позволяющей получить максимальный эффект от предоставления услуг в реальном времени с учетом их своевременности и затрат на энергопотребление.

Литература

1. Гатчин Ю.А., Жаринов И.О., Коробейников А.Г. Математические модели оценки инфраструктуры системы защиты информации на предприятии // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2012. № 2 (78). С. 92–95.
2. Шубинский И. Б. Функциональная надежность информационных систем: методы анализа. - М.: Журнал "Надежность", 2012. - 296 с.
3. Перегуда А.И., Перегуда А.А., Тимашев Д.А. Математическая модель надежности компьютерных сетей // Надежность. 2013. № 4 (47). С. 18-30
4. Богатырев В.А., Богатырев С.В., Богатырев А.В. Функциональная надежность вычислительных систем с перераспределением запросов // Изв. вузов. Приборостроение. – 2012. – Т. 55. – № 10. – С. 53–57.
5. Богатырев В.А. Отказоустойчивость и сохранение эффективности функционирования многомагистральных распределенных вычислительных систем // Информационные технологии.-1999. № 9. С. 44-48.
6. Энергосбережение в сфере компьютерных технологий: мифы и реальность.[Электронный ресурс] URL: <http://www.dltens.ru/energoberegteh.html> (Дата обращения 09.12.2014)
7. Богатырев В. А. Мультипроцессорные системы с динамическим перераспределением запросов через общую магистраль // Изв. Вузов. Приборостроение. 1985. № 3. С.33-38.
8. Bogatyrev V.A. , Bogatyrev S.V., Golubev I. Y. Optimization and the Process of Task Distribution between Computer System Clusters // Automatic Control and Computer Sciences. - 2012. - N 3. - P. 103-111.
9. Богатырев В.А. Комбинаторный метод оценки отказоустойчивости многомагистрального канала // Методы менеджмента качества. 2000. № 4. С. 30-35.
10. Богатырев В.А. Отказоустойчивость функционально-распределенных систем // Методы менеджмента качества.2001. № 3. С. 34-37.
11. Алиев Т.И. Проектирование систем с приоритетами //Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2014. Т. 57. № 4. С. 30-35
12. Алиев Т.И., Муравьева-Витковская Л.А. Приоритетные стратегии управления трафиком в мультисервисных компьютерных сетях // Изв. Вузов. Приборостроение. 2011. Т. 54. № 6. С. 44-48

СПОСОБ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ОБОГРЕВА ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Г.В. Лепеш¹, Т.В., Потемкина²

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

Рассмотрен способ обогрева вентилируемых помещений и помещений не изолированных от окружающей среды с помощью инфракрасных обогревателей. Исследуются характеристики излучения. Вводится система граничных и начальных условий для расчета обогрева вентилируемых помещений численными методами.

Ключевые слова: энергоэффективность, инфракрасный нагрев, излучение, ощущаемая температура.

THE ENERGY EFFICIENT WAY OF HEATING VENTILATED AREAS

*St. Petersburg state University of Economics (SPbSEU),
191023, Saint-Petersburg, Sadovaya street, 21;*

G. V. Lepesh, T. V., Potemkina

Method of heating ventilated areas and spaces not as isolated from the environment using infrared heaters. Examines the characteristics of radiation. Introduces a system of boundary and initial conditions for the calculation of heating ventilated rooms by numerical methods.

Keywords: energy efficiency, infrared heat radiation sensed temperature.

Введение

В настоящее время среди задач, которые встречаются в области обогрева вентилируемых или вовсе неизолированных от окружающей среды помещений, особенно в постпериод введения в действие Федерального закона об энергосбережении и энергетической эффективности [1] заметно выделяется проблема обогрева таких помещений в отопительный период. Наиболее затратным способом здесь является применение традиционных систем пароводяного отопления, которым свойственны высокие затраты на содержание, обслуживание и ремонт инфраструктуры, нецелевые потери, низкая эффективность нагревательных приборов (радиаторов пароводяного отопления), а также высокая и постоянно растущая стоимость источников тепла (преимущественно газа).

Соответственно растёт интерес к разработкам альтернативных, менее затратных систем обогрева. В последние годы рынок техники, предназначенной для обогрева помещений, стремительно развивается – создаются новые технологии обогрева, растёт эффективность технических средств – обогревателей, систем

управления обогревом и др. К примеру, сейчас все более популярным становится воздушное отопление, которое характеризуется высоким уровнем КПД вследствие отсутствия промежуточных теплоносителей. Самыми экономичными в российских условиях можно многие считают газовые обогреватели – стоимость газа в России относительно низкая. Самыми управляемыми и не требующими специального монтажа и обслуживания общепризнанны – электрические.

Все обогреватели, использующие в своей работе газ или электрическую энергию, по способу передачи тепла следует разделить на два основных типа: конвективные и инфракрасные.

Конвективные обогреватели, предназначены для непосредственного нагрева воздуха помещения посредством его контактного взаимодействия с относительно "горячими" теплообменными поверхностями нагревательного прибора конвективного действия. Температура таких поверхностей, как правило, не должна превышать 70 °С с целью обеспечения безопасности передачи тепла.

¹Лепеш Григорий Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой "Машины и оборудование бытового и жилищно-коммунального назначения", СПбГЭУ, моб.: +7 921 751 28 29, e-mail: GregoryL@yandex.ru;

²Потемкина Татьяна Владимировна – старший преподаватель кафедры "Машины и оборудование бытового и жилищно-коммунального назначения", СПбГЭУ, моб.: +7 905 256 04 74, e-mail: tatatav@bk.ru.

Понятно, что конвективные обогреватели в вентилируемых и плохо изолированных помещениях не эффективны вследствие того, что нагретый воздух будет покидать помещение или перемещаться в зону с меньшим нагревом тем интенсивнее, чем больше будет тепловой напор ($t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}$) (т.е. разность температур внутри помещения или зоны нагрева $t_{\text{вн}}$ и снаружи $t_{\text{нар}}$).

Инфракрасные обогреватели преобразуют электрическую энергию в направленное электромагнитное излучение, занимающее спектральную область между красным видимым светом (длина волны 0,74 мкм) и коротковолновым радиоизлучением (1 ÷ 2 мм). В свою очередь, инфракрасную область спектра условно разделяют на коротковолновую (0,74 ÷ 2,5 мкм), средневолновую (2,5 ÷ 50 мкм) и длинноволновую (50 ÷ 1000 мкм) части. Причем длина излучаемой волны зависит от температуры тела – чем она выше, тем короче волны и выше интенсивность излучения. Поскольку тепловое излучение от ИК-обогревателя не поглощается воздухом, то вся излучаемая от прибора энергия почти без потерь достигает поглощающих или отражающих поверхностей предметов и людей в зоне его действия. Происходит нагрев этих поверхностей и частичное отражение теплового излучения на другие. Воздух может нагреваться лишь конвективным способом, соприкасаясь с уже нагретыми поверхностями. Область применения ИК обогревателей на сегодняшний день велика. Так они применяются для:

-ускоренного обогрева жилых, офисных, складских и промышленных помещений;

-обогрева ресторанов, баров, гостиниц, банков, магазинов, открытых летних кафе (с целью продления сезона работы), муниципальных учреждений (детских садов, школ, больниц и т.д.), обогрев аэропортов и железнодорожных вокзалов;

-обогрева выходов из метро, вокзалов и подземных переходов (как с целью предотвращения их обледенения), так и с целью создания относительно комфортных температурных условий и др.

В качестве энергосберегающей технологии рассмотрим применение инфракрасных нагревателей, рекомендуемых в качестве НДТ для нагрева и отопления помещений (см. разд. 2) особенно плохо изолируемых от окружающей среды.

Поскольку тепловое излучение от ИК-обогревателя практически не поглощается и не рассеивается воздухом, вся излучаемая энергия достигает непосредственно людей и предметов. Эти объекты, в свою очередь, нагреваются и передают тепло окружающему воздуху, в то время как при конвекционном нагреве тепло передается воздуху непосредственно от нагревательного прибора. Поэтому инфракрасное отопление называют отоплением прямого нагрева, а конвекционное – косвенного нагрева. Это и является основным отличием инфракрасных обогревателей от других видов отопительных приборов.

Некоторые из обогревателей, обладают повышенными техническими характеристиками. В них установлен противопоылевой фильтр препятствующий попаданию пыли на нагретую поверхность.

Современные модели снабжены микропроцессорными системами управления и удовлетворяют всем требованиям противопожарной безопасности. Благодаря интеллектуальному управлению обогреватели автоматически выключаются при достижении нужной температуры, что позволяет им быть на 20÷40% экономичнее неуправляемых. Использование терморегулятора, позволяет достичь еще большей экономии электричества, поскольку при отсутствии людей в помещении достаточно поддерживать температуру на уровне +10°C.

Инфракрасные обогреватели преобразовывают электрическую энергию в тепловую при помощи специального нагревательного элемента. Вырабатываемая инфракрасными обогревателями тепловая энергия распределяется следующим образом: 92% энергии (подобно солнечному теплу) направляется непосредственно на обогрев объектов, находящихся в зоне действия обогревателя, и лишь 8% расходуется на прямой нагрев воздуха.

Если ощущаемая температура в помещении представляет комфортные и уютные условия, то считается что, цель установленного отопительного оборудования достигнута. Ощущаемая температура зависят от следующих факторов:

- температуры окружающего воздуха;
- температуры ИК излучения в окружении;
- распределения температуры воздуха по вертикали;
- потоков воздуха через помещение, сквозняков;

- относительной влажности воздуха в помещении.

В случае ИК-обогрева надо учитывать что, если стены помещения или предметы имеют различные поверхностные температуры, то в данном помещении устанавливается температурная асимметрия.

Асимметрии можно избежать, если использовать панели с температурами излучающей поверхности более не $100 \div 120^\circ\text{C}$. В противном случае, эта асимметрия чувствуется особенно отчетливо.

В помещении наиболее важным является вертикальное, так называемое «послойное» распределение воздуха, где ощущаемая температура воздуха зависит от высоты подвеса ИК нагревателя (рис. 1) [2].

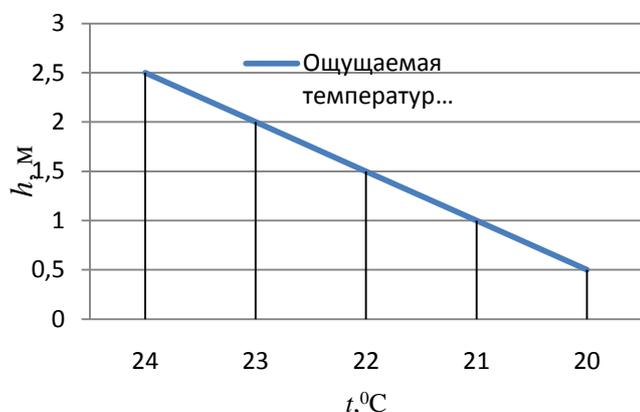


Рисунок 1 – Зависимость ощущаемой температуры воздуха от высоты подвеса ИК-нагревателя

Ощущаемая температура воздуха зависит в первую очередь непосредственно от температуры воздуха и от температуры окружающих предметов.

В простейшем случае, без проявления сильного сквозного ветра, ощущаемая температура воздуха T_0 равна средней арифметической величине из температуры воздуха в помещении $t_{\text{вн}}$ и средней температуры излучения предметов в данном пространстве $t_{\text{и}}$: $t_0 = (t_{\text{вн}} + t_{\text{и}})/2$.

Таким образом, при повышении температуры излучения ИК нагревателя, можно без вреда для ощущения субъекта, понизить температуру воздуха в помещении. Это, в свою очередь становится важным фактором экономии затрат энергии на отопление помещения по сравнению с системами конвекционного отопления.

Оптимальная ощущаемая температура зависит в основном от активности и одежды

человека в помещении. При сидячей деятельности и легкой одежде оптимальное значение ощущаемой температуры составляет около $21,5^\circ\text{C}$. Это значит, что при температуре воздуха 18°C температура излучения ИК панели и окружающих предметов в сумме должна достигать 25°C .

Как уже отмечалось выше, ИК панели отопления нагревают все окружающие предметы в помещении, включая стены. Через некоторое время эти предметы становятся излучателями тепла, способствуя установлению в помещении равновесного уютного состояния.

Температура воздуха остается ниже температуры стен. Вследствие этого конденсация влаги из воздуха на стенах не происходит, теплоизоляция стен резко улучшается. Воздух не поднимается в верхнюю часть помещения и более не теряется на непродуктивный нагрев верхней и наружной части здания.

Инфракрасные обогреватели, размещенные под самым потолком, позволяют рационально использовать объем помещения и не накладывают каких-либо ограничений на размещение предметов и оборудования. Использование обогревателей позволяет создавать сложные системы обогрева помещений, недоступные для прочих обогревательных приборов. Например, при обогреве в зимнее время помещений с большой площадью остекления и сложной поверхностью, инфракрасные обогреватели создают тепловую защиту от холода. Дополнительным эффектом в данном случае можно считать очистку конструкций от накопившегося снега и льда.

Рассмотрим пример применения инфракрасного обогревателя. Пусть известно:

$F_{\text{зд}} [\text{м}^2]$ - площадь ограждающих конструкций;

$R_0 \left[\frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \right]$ - термическое сопротивление ограждающих конструкций. Тогда потеря тепловой энергии за отопительный период в помещении определяется по формуле:

$$Q = \frac{1}{R_0} \cdot F_{\text{зд}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{ср}}) \cdot T_{\text{от}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0,239 \cdot 10^{-9} \text{ Гкал},$$

где: $T_{\text{от}}$ – продолжительность отопительного периода, суток; 24 – число часов в сутках, ч; $t_{\text{вн}} [^\circ\text{C}]$ - расчетная температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, (18°C – для жилых, общественных и административных зданий, 21°C – для дошкольных и детских лечебных учреждений, для производственных зданий принимается температура в зданиях характер-

ная для конкретного производства); t_{cp} [°C] – средняя температура наружного воздуха за отопительный период.

При использовании излучающих панелей для поддержания комфортной ощущаемой человеком температуры возможно снижение общей температуры воздуха в помещении на 3–5 °C в зависимости от типа объекта.

Потери тепла при отоплении от батарей и с использованием инфракрасных излучателей определяются по формулам, соответственно:

$$Q_1 = \frac{1}{R_0} \cdot F_{зд} \cdot (t_{вн} - t_{cp}) \cdot T_{от} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0,239 \cdot 10^{-9} \text{ Гкал};$$

$$Q_2 = \frac{1}{R_0} \cdot F_{зд} \cdot (t_{сн} - t_{cp}) \cdot T_{от} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0,239 \cdot 10^{-9} \text{ Гкал},$$

$t_{сн}$ [°C] – расчетная температура внутреннего воздуха отапливаемых излучателями помещений.

Годовая экономия тепловой энергии в результате использования инфракрасных излучателей рассчитывается по следующей формуле:

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 = [(t_{вн} - t_{cp}) - t_{сн} - t_{cp}] \times 1R_0 \cdot F_{зд} \cdot T_{от} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0,239 \cdot 10^{-9} = t_{вн} - t_{сн} \times 1R_0 \cdot F_{зд} \cdot T_{от} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0,239 \cdot 10^{-9} \text{ Гкал};$$

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \cdot T_{ТЭ},$$

где $T_{ТЭ}$ [руб./Гкал] – тариф на тепловую энергию.

Определим годовую экономию тепловой энергии за счет использования инфракрасных излучателей в спортивном зале площадью 50×25 м, высотой 9 м. $F_{зд} = 3750$ [м²]; $R_0 = 0,41$ $\left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}\right]$; $t_{вн} = 18$ [°C]; $t_{сн} = 15$ [°C].

$$\text{Получим: } \Delta Q = Q_1 - Q_2 = [(t_{вн} - t_{cp}) - t_{сн} - t_{cp}] \times 1R_0 \cdot F_{зд} \cdot T_{от} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0,239 \cdot 10^{-9} = t_{вн} - t_{сн} \times 1R_0 \cdot F_{зд} \cdot T_{от} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0,239 \cdot 10^{-9} \text{ Гкал} = [18 - 15] \times \frac{1}{0,41} \cdot 3750 \cdot 214 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0,239 \cdot 10^{-9} = 121,25 \text{ Гкал};$$

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \cdot T_{ТЭ} = 121,25 \cdot 1818,70 = 220\,518 \text{ руб.}$$

Известно, что для обогрева площади размером 3750 м² необходимо одновременное включение до 100 инфракрасных обогревателей общей стоимостью 900 000 руб. Таким образом, находим срок окупаемости мероприятия:

$$DP = \frac{Inv}{E_t} = \frac{900\,000}{220\,518} = 5 \text{ лет.}$$

Поскольку максимальный срок службы устройства составляет 30 лет, таким образом, за 30 лет мероприятие потенциально может принести доход (экономия) в размере 4,5 млн. руб.

Постановка задачи исследования

Расчет систем обогрева с применением ИК-обогревателей, особенно в вентилируемых помещениях и помещениях не изолированных от окружающей среды, связан с учетом множества факторов и моделированием множества одновременно-протекающих процессов, определяющих теплоперенос в расчетной области. Результат решения при этом будет определяться значительными градиентами полученных значений физических величин, определяющих поведение воздушной среды даже в стационарном режиме. Получить подобное решение возможно лишь путем численного моделирования с применением специальных пакетов программ, реализующих моделирование происходящих процессов. В современной практике теплового проектирования технических систем, в том числе основанных на ИК-нагреве широко применяются программные пакеты системного численного анализа, такие как ANSYS, обладающие следующими достоинствами:

1. Наглядностью геометрической модели изучаемого объекта, легкостью в отслеживании свойств материалов, размеров его составных элементов
2. Высокой степенью автоматизации выполнения и дискретизации расчетной области и задания граничных условий.
3. Возможность сочетать быстроту подготовки модели с наглядностью выполнения действий, благодаря совместному использованию задания операций, как в командном режиме, так и в режиме графического интерфейса.
4. Богатыми возможностями анализа и обработки полученных результатов в режиме пост-процессора.
5. Возможностью проводить оптимизацию конструкции и системы по заданным значениям искомых величин.

Опыт применения численных методов и, в частности, пакета ANSYS для решения ряда задач показывает, что в сравнении с аналитическими методами, они требуют существенно больше времени на получение решения. Особенно это характерно для трехмерных тепловых и газодинамических моделей сложных, протяженных конструкций. Именно к такой

модели следует прибегать в случае моделирования и последующего анализа в задачах дифференцированного обогрева вентилируемых помещений, где необходимо учитывать как радиационное излучение имеющихся источников, поглощение и излучение тепловой энергии окружающими предметами и ограждениями, так и конвективный массоперенос нагревающегося и уходящего воздуха. В некоторых задачах, например, при применении газовых ИК-обогревателей необходимо учитывать химизм процесса горения газа и изменения концентрации газов в пространстве расчетной области. Такие возможности предусмотрены в пакете ANSYS.

Причины длительности процесса вычисления заключаются в следующем:

а) для таких моделей характерно достаточно большое количество конечных элементов, а следовательно и решаемых уравнений;

б) реализуемые в методе конечных элементов уравнения имеют наиболее сложный вид в сравнении с балансными уравнениями других программ;

в) используются сложные граничные условия в условиях ограничения постановки размеров расчетной области либо расчетная область значительно расширяется с целью упрощения граничных условий.

Исходя из этого, одна из целей, которая ставится перед исследователем при применении данной методики, состоит в том, чтобы выработать подходы по построению оптимальных, с точки зрения скорости решения, моделей. Как правило, это связано с проведением экспериментальных исследований с объектами системы, влияющими на эффективность процесса с целью определения границ расчетной области, степени дискретизации самой области и учета граничных условий на всех поверхностях объектов, участвующих в процессе тепломассопереноса.

Эффективность работы систем обогрева с ИК-обогревателями определяется различными их свойствами и условиями и способами использования. Рассмотрим некоторые из них.

Конструкция инфракрасных обогревателей

Инфракрасный обогреватель состоит, как правило, (рис.2) из прямоугольного, металлического корпуса 1, покрытого термостойкой

эмалью, с плавающей петлей крепления к потолку 2, нагревательного элемента 3 (ТЭН или ТВЭЛ). Между корпусом и теплоизлучающей пластиной может находиться специальный теплоизолятор и защитный экран из фольги.

Основным узлом конструкции является тепловыделяющий элемент. В наиболее эффективных ИК-нагревателях это ТВЭЛ, состоящий из кварцевой трубки 1 и карбоновой ленты 3, помещенной в вакууме внутри трубки. Направленное излучение тепловой энергии ТВЭЛ формируется цилиндрическим рефлектором 4 и боковыми плоскими отражателями 5, изготовленными из полированного алюминия. В одном ИК-обогревателе могут быть установлены параллельно несколько трубчатых или пластинчатых ИК-излучателей (рис.2 а), с целью создания относительно плоского распределения потока электромагнитного излучения.

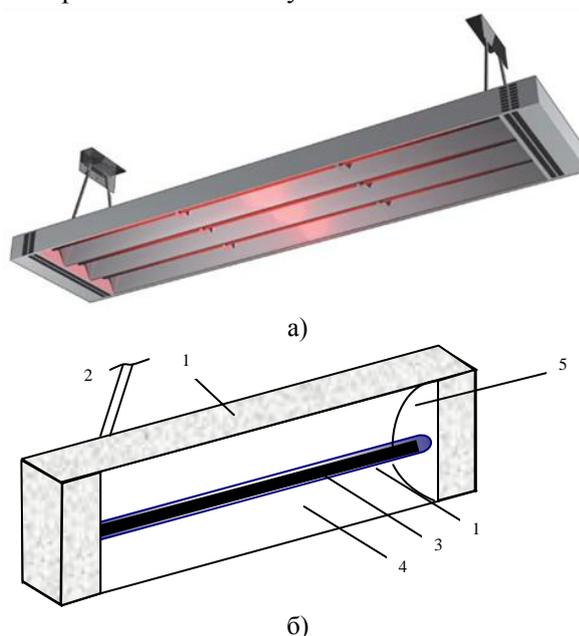


Рисунок 2 – Конструкция ИК-нагревателя: а) – внешний вид; б) – схема

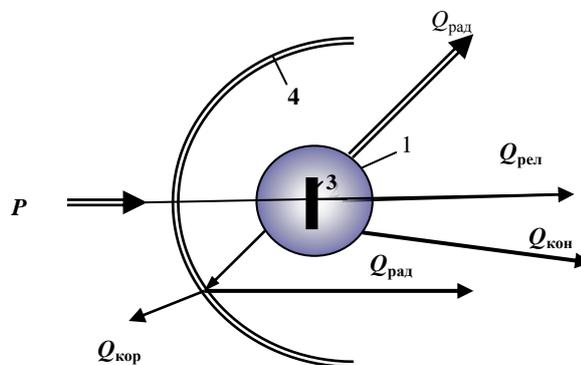


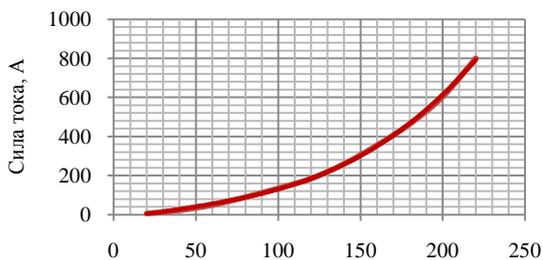
Рисунок 3 – Схема распространения тепловых потоков от тепловыделяющего теплоэлемента

При моделировании конструкции ИК-нагревателя в пакетах системного анализа применяются специальные препроцессорные средства, позволяющие провести пространственной моделирование всех ее элементов, определить все необходимые физические и др. свойства. В частности в пакете ANSYS для этой цели используется модуль *DesignModeler*.

Распределение тепловых потоков в нагревателе

Структура теплового излучения нагревателя носит весьма сложный характер. Наглядное представление о ней дает рис.3. Первичным источником тепла в нагревателе является карбоновая лента 2. Разогреваясь за счет потребляемой электроэнергии мощностью P , она излучает тепловой поток в направлении кварцевой трубки 1. Последняя эту энергию поглощает практически полностью, так как коэффициент поглощения кварца составляет $a=0,94$.

Следовательно, в данном случае только 6 процентов потока первичного (реликтового) излучения карбона проникает сквозь кварцевую стенку во внешнюю среду $Q_{\text{рел}}$.



$$I = 8E-05U^3 - 0,008U^2 + 1,5618U - 26,955 \quad \text{Напряжение, В}$$

Рисунок 4 – Вольт-амперная характеристика карбонового ИК-нагревателя

Остальная энергия идет на разогрев кварцевой трубки до весьма высокой температуры, что вызывает интенсивную теплоотдачу кварца во внешнюю среду. Теплоотдача имеет две составляющих – радиационную $Q_{\text{рад}}$ и конвективную $Q_{\text{кон}}$. Последняя формируется благодаря омыванию поверхности трубки свободно восходящим потоком воздуха. Следует также иметь в виду, что радиационный поток энергии частично уходит во внешнюю среду непосредственно, а частично – после отражения от поверхности рефлекторов 4, 5. Поскольку коэффициент отражения поверхности рефлекторов составляет $R=0,95$ [1], то 5 процентов энергии

падающего потока поглощается и идет на прогрев корпуса нагревательного прибора ($Q_{\text{кор}}$).

Электрофизические характеристики электронагревателя

Поскольку нагреватель является, прежде всего, электрическим прибором целесообразно в первую очередь рассмотреть его электрические характеристики. На рис.4. представлена вольт-амперная характеристика [3].

Вольт-амперная характеристика карбона весьма своеобразна. С достаточной степенью точности в исследуемых границах она выражена полиномом третьей степени

$$I = 8E-05U^3 - 0,008U^2 + 1,5618U - 26,955.$$

При этом, в пределах до 120 В, что соответствует мощности $P=200$ Вт, она характеризуется отчетливо выраженной нелинейностью, а затем при дальнейшем росте мощности приобретает практически линейный характер. При этом на нелинейном участке величина производной dI/dV непрерывно меняется (возрастает), а на линейном сохраняется постоянной и равной 0,02 (А/В). Если иметь в виду, что величина dI/dV отражает реакцию механизма электропроводности карбона на изменение разности электрических потенциалов, то очевидно, что на нелинейном участке характеристики происходит перестройка, а на линейном имеет место стабилизация механизма электропроводности. При этом линейный участок вольт-амперной характеристики, перекрывающий весьма широкий диапазон изменения мощности нагревателя от 200 до 900 Вт, может быть аппроксимирован функцией следующего вида

$$I=0,02 U- 0,7.$$

Изменение активного сопротивления R_k карбонового нагревателя показало, что оно незначительно отличается от величины сопротивления R_c спирального нагревателя аналогичной мощности, то есть $R_k= 75 \text{ Ом}$ и $R_c=50 \text{ Ом}$.

Тепловой режим нагревателя

В основу модели процесса теплоотдачи нагревателя положим уравнение теплового баланса [3], структура которого вытекает из показанных выше направлений тепловых потоков (рис.2.)

$$P=Q_{\text{рад}}+Q_{\text{кон}}+Q_{\text{рел}}+Q_{\text{кор}}. \quad (1)$$

Составляющие управления определяют следующим образом. Радиационный компонент теплоотдачи $Q_{\text{рад}}$ определяется модифицированным законом излучения серого тела, в котором учтен тот факт, что излучение, генери-

руемое с $2/3$ поверхности S кварцевой трубки, прежде чем попасть в окружающую среду, отражается от рефлектора

$$Q_{\text{рад}} = 0,333 S a C_0 (1+2R) \left(\frac{T_k}{100} \right)^4 \quad (2)$$

Утечки теплоты в корпус нагревательного прибора $Q_{\text{кор}}$ и поток реликтового излучения карбона $Q_{\text{рел}}$ определяются очевидными соотношениями

$$Q_{\text{кор}} = \frac{2}{3} S a C_0 (1-R) \left(\frac{T_k}{100} \right)^4 \quad (3)$$

и с точностью до величины первого порядка малости

$$Q_{\text{рел}} = 0,06 \quad (4)$$

Что касается конвективной теплоотдачи, то ее мощность определяется управлением теплоотдачи Ньютона

$$Q_{\text{кон}} = \alpha S (T_k - T_0), \quad (5)$$

в котором коэффициент теплоотдачи α вычисляется с помощью критериального соотношения

$$\alpha = \frac{\lambda}{d} B (G_r \cdot P_r)^n \quad (6)$$

В уравнениях (2 – 6) введены следующие обозначения:

$G_r = g \beta \Delta t d^3 / \nu^2$ – тепловой критерий Грасгофа; $\beta = 1/T$ – коэффициент теплового расширения воздуха; $C_0 = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{К}^4)$ – коэффициент излучения абсолютно черного тела; $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$; $t = 0,5 (t_k + t_0)$ – средняя (по шкале Цельсия) температура воздуха, омывающего кварцевый излучатель; $\Delta t = t_k - t_0$ – температурный напор; $T = t + 273$ – средняя абсолютная температура воздуха; индексы «к» и «0» относятся к кварцевому излучателю и воздуху в окружающей среде; λ , ν и P_r – коэффициенты теплопроводности и вязкости воздуха и тепловой критерий Прандтля. Эти величины зависят только от температуры воздуха и определяются на основе справочных данных; $d = 12 \text{ мм}$ – диаметр кварцевой трубки; S – площадь поверхности излучателя; коэффициенты критериального уравнения (6) определяются из таблицы 1. В расчетах температура окружающей среды принята равной $t_0 = 20^\circ \text{C}$.

Система уравнений (1 – 6) является замкнутой и позволяет вычислить величины всех тепловых потоков: $Q_{\text{рад}}$, $Q_{\text{рел}}$, $Q_{\text{кон}}$, $Q_{\text{кор}}$ и температуру кварцевого излучателя t_k , а также мощность суммарной радиационной теплоотдачи

$$Q_{\Sigma \text{ рад}} = Q_{\text{рад}} + Q_{\text{рел}} \quad (7)$$

и суммарной конвективной теплоотдачи

$$Q_{\Sigma \text{ кон}} = Q_{\text{кон}} + Q_{\text{кор}} \quad (8)$$

в зависимости от электрической мощности P , потребляемой прибором. В формуле (8) при этом учтено то обстоятельство, что теплота $Q_{\text{кор}}$, израсходованная на нагрев корпуса прибора, благодаря механизму конвективной теплоотдачи в конечном счете отдается в окружающую среду.

Таблица 1 – Значения коэффициентов B и n в формуле (6)

$(G_r \cdot P_r)$	B	n
$10^{-3} - 10^2$	1,18	1/8
$5 \cdot 10^2 - 2 \cdot 10^7$	0,54	1/4
$> 2 \cdot 10^7$	0,135	1/3

Результаты расчета тепловых характеристик нагревателя представлены графиком на рис.5. Расчеты указывают на рост всех характеристик с увеличением электрической мощности, потребляемой прибором.

Особый интерес представляет суммарное значение радиационной $Q_{\Sigma \text{ рад}}$ и конвективной $Q_{\Sigma \text{ кон}}$ составляющих теплоотдачи нагревателя. Прирост этих параметров обусловлен их зависимостью от возрастающей температуры кварцевого излучателя и носит различный характер. Это связано с тем, что температурная зависимость радиационной составляющей резко нелинейная, в то время, как температурная зависимость конвективной составляющей близка к линейной. Такая ситуация приводит к тому, что с увеличением тепловой мощности нагревателя процентная доля содержащейся в ней радиационной составляющей растет, а доля конвективной составляющей падает.

Из графиков на рис.5 следует, что при номинальной мощности нагревателя $P = 900 \text{ Вт}$ это соотношение соответственно составляет: 78 % и 22 %, а при дальнейшем возрастании мощности асимптотически стремится к предельному: 80 % и 20 %. Полученные данные характеризуют исследуемый прибор, как эффективный радиационный обогреватель направленного действия.

Пространственное распределение энергии излучения

Степень насыщенности лучевой энергией обогреваемого пространства наиболее полно

отражает понятие энергетической освещенности E . Это локальная энергетическая величина электромагнитного излучения, определяющая количество энергии в джоулях за одну секунду через единичную площадку в окрестности за-

данной точки пространства. Соответственно энергетическая освещенность E измеряется в ($Вт/м^2$).

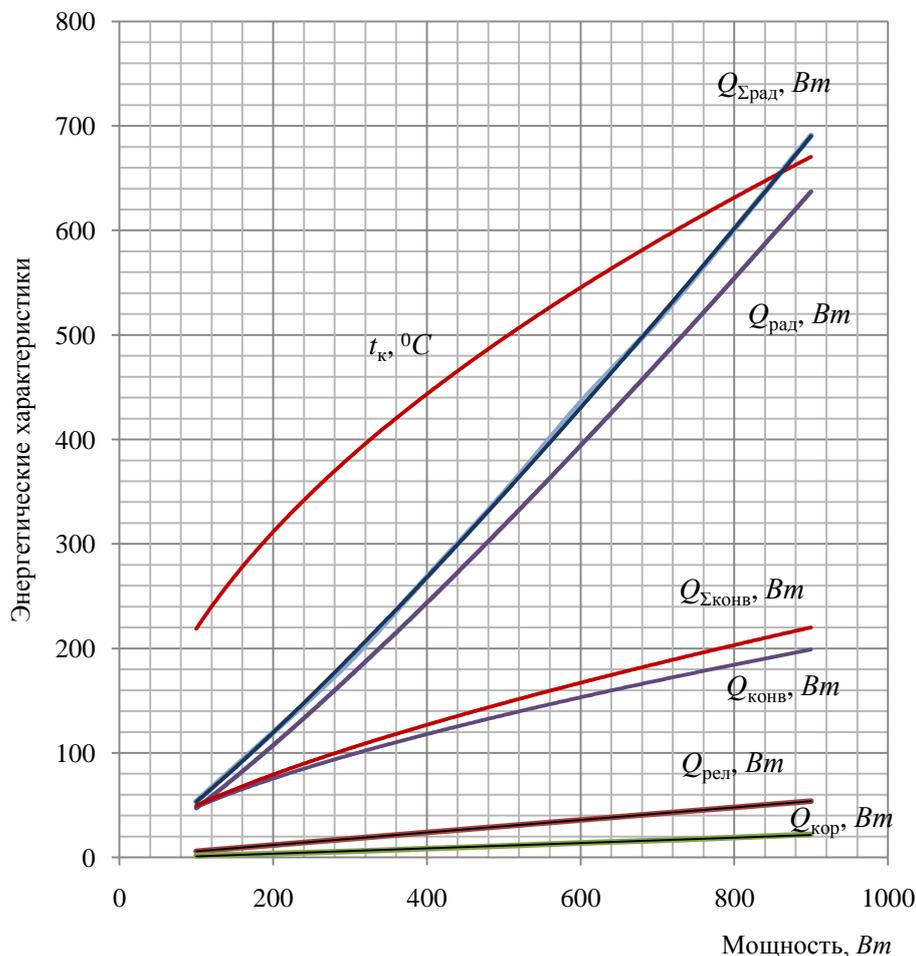


Рисунок 5 – Энергетические характеристики карбонового нагревателя

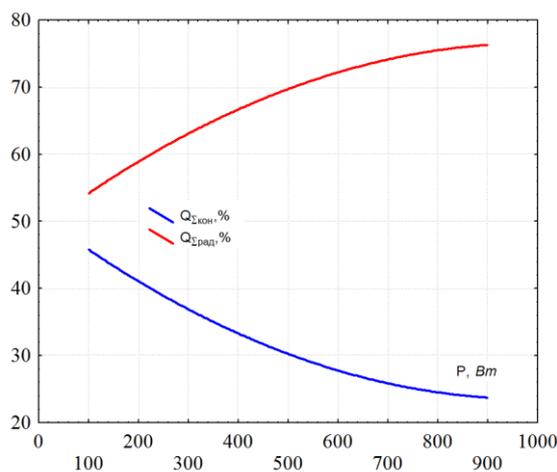


Рисунок 6 – Процентное распределение составляющих излучения нагревателя

Для измерения этой величины используются весьма сложные и дорогостоящие при-

боры-теплоприемники. Наиболее простой способ измерения был предложен в работе [4] специально разработанным теплоприемником теплоизолированным от окружающей среды с коэффициентом поглощения $a=0,95$].

Пространственная структура энергетического поля лучевого обогрева исследовалась в горизонтальном и вертикальном сечениях.

Реконструкция поля энергетической освещенности, полученная при реализации измерения, представлена на рис .7. Здесь структура поля лучевой энергии представлена в виде хромограммы, которая позволяет дать оценку величины E в любой точке поля, выделить области наибольшей концентрации лучевой энергии, определить зоны наибольших и наименьших градиентов величины энергетической освещенности и т.д.

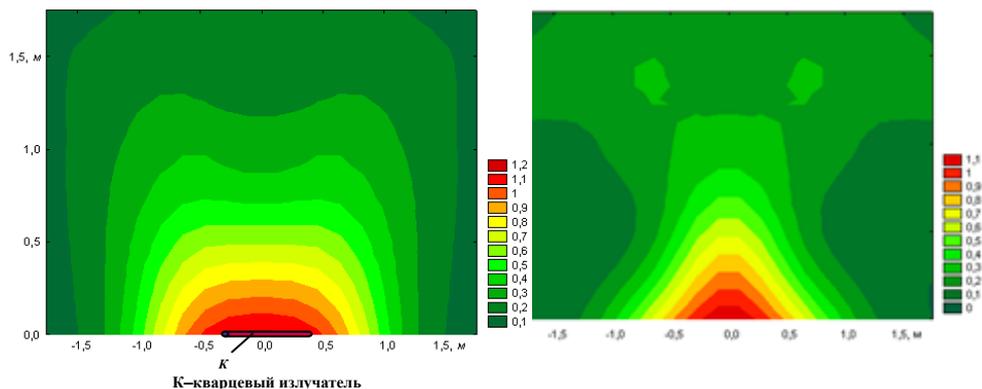


Рисунок 7 – Хромограмма поля энергетической освещенности: а) - в горизонтальной плоскости; б) – в вертикальной плоскости

Обращает на себя внимание необычность распределения энергетической освещенности в центральной части лучевого потока. Вместо монотонного убывания величины E от оси прибора к периферии имеет место локальное возрастание данной величины. Вследствие этого на периферии ядра лучевого потока энергетическая освещенность несколько выше, чем на оси. Эта аномалия объясняется действием плоских боковых отражателей прибора, создающих накрест пересекающиеся потоки излучения. В результате их наложения на основной поток, параллельный оси прибора, образуются периферийные зоны избыточной энергетической освещенности.

Представляет определенный интерес оценка площади, в пределах которой реализуется интенсивный обогрев материальных объектов. Введя в качестве критерия интенсивного обогрева условие $E \geq 0,1 \text{ Вт/см}^2$, на хромограмме рис.6 . можно оценить линейные масштабы зоны обогрева $l_x=2,2 \text{ м}$, $l_y=1,9 \text{ м}$, а также – площадь обогрева $S=4,2 \text{ м}^2$.

Обращает на себя внимание эволюция конфигурации зоны наибольшей концентрации лучевой энергии, в пределах которой $E \geq 0,6 \text{ Вт/см}^2$. Если в горизонтальной плоскости она имеет вид прямоугольника, то в вертикальной приобретает клиновидную форму.

Полученная информация позволяет оценить поперечный масштаб вертикальной зоны интенсивного обогрева. Согласно данным на рис.7. он составляет $l_z = 2,1 \text{ м}$. С учетом ранее определенных масштабов l_x и l_y объем зоны интенсивного обогрева карбонового нагревателя оценивается величиной $V = l_x l_y l_z = 8,8 \text{ м}^3$.

Хронограмма показывает, что на расстоянии 1,5 м от ИК обогревателя интенсивность лучевой энергии выравнивается в пространстве, ограниченной по площадью самого

прибора. При этом на "освещаемой" поверхности появится тепловое пятно, размеры которого будут определяться как свойствами ИК - нагревателя, так и свойствами материала (например теплопроводностью) нагреваемой поверхности, коэффициентом поглощения, степенью черноты и др.

Крепление инфракрасных обогревателей осуществляется на высоте $2,4 \div 3,5 \text{ м}$ при помощи специальных петель подвеса, высота легко регулируется использованием вертикальных тросов. Электромонтаж осуществляется подводкой электрического провода через верхнее отверстие в обогревателе, для этого необходимо снять защитный кожух.

Для более эффективного использования инфракрасных обогревателей, как правило, в зоне действия тепловых лучей устанавливается терморегулятор.

Т.о. выделение тепла от ИК-обогревателя происходит только в зоне его прямого действия, то есть обогрев носит локальный характер. Это и обеспечивает целый ряд особенностей применения, в том числе и для целей, поставленных в данном исследовании. Так наибольшее распространение получила система обогрева, в которой источники излучения размещаются над поверхностью нагрева. Основным недостатком такой системы нагрева является неравномерное облучение поверхности нагрева и вследствие этого низкая эффективность из-за локального перегрева облучаемой поверхности. Неравномерность обусловлена в основном малыми геометрическими размерами источников излучения по отношению к облучаемой поверхности. Для выравнивания теплового воздействия на поверхность применяют технические решения, увеличивающие площадь поверхности источника излучения:

- используют источники излучения больших физических размеров;
- большое количество источников малого размера;
- источники с отражателями.

Карбоновый и спиральный нагреватели

Представляет интерес сравнить некоторые важные характеристики карбонового нагревателя с их аналогами у спирального нагревателя. Приборы этого типа сравнительно недорогие, весьма популярны и широко распространены в быту. По этой причине они могут рассматриваться, как потенциальные конкуренты карбонового электронагревателя. В качестве образца для сравнения был выбран спиральный электронагреватель типа КОБ – 0,8/1-1 с номинальной мощностью $P = 800 \text{ Вт}$ и конструкцией, аналогичной карбоновому электронагревателю. Источником тепловой энергии (нагревателем) здесь служит вольфрамовая проволока, одновременно являющаяся излучателем. Она намотана на полую керамическую трубку в виде плотной спирали диаметром 13 мм при длине намотки 255 мм.

Следуя известной методике были получены данные по полю энергетической освещенности спирального нагревателя. Сопоставление радиационных полей обоих нагревателей показало, что поле карбонового нагревателя по степени энергонасыщенности существенно превосходит поле спирального. Это видно по результатам измерения величины энергетической освещенности E в наиболее «горячей» точке энергетического поля ($X = Z = 0, Y = 0,5 \text{ м}$). У карбонового нагревателя $E = 0,67 \text{ Вт/см}^2$, а у спирального $E = 0,55 \text{ Вт/см}^2$. Превышение составляет 22 %. В целом по полю оно изменяется в пределах от 20 до 40 %. При этом характерные размеры зоны интенсивного лучевого обогрева спирального нагревателя равны $l_x = 2 \text{ м}$, $l_y = 1,5 \text{ м}$, $l_z = 1,5 \text{ м}$. Это соответствует объему зоны $V = 4,5 \text{ м}^3$, что почти вдвое меньше, чем у карбонового нагревателя.

Температурный режим нагревателя

Температура карбонового нагревателя является важным фактором, определяющим ресурс работы нагревательного прибора. В данной конкретной ситуации излучение карбона не полностью поглощается кварцевой оболочкой. Как отмечалось ранее, около 6 процентов собственного излучения нагревателя про-

никает в окружающую среду и может диагностироваться методами оптической пирометрии. В частности, для измерения температуры карбона использовался оптический пирометр типа ОППИР – 09 с температурным диапазоном $800\text{--}2000^\circ\text{C}$, производства России. Измерения, выполненные на номинальном режиме нагревательного прибора, показали, что температура карбоновой ленты составляет $t_H = 940^\circ\text{C}$ при погрешности измерения $\pm 2 \%$.

При данной ситуации термическое разрушение карбона практически исключено по двум причинам:

- нагреватель находится в вакууме и не подвергается химической эрозии;
- испарение углерода – возгонка так же исключена, так как она происходит при значительно более высокой температуре 3700°C .

Вместе с карбоновым исследовался упомянутый ранее аналог – спиральный нагреватель. Измерение температуры вольфрамовой спирали при номинальной мощности нагревателя $P = 800 \text{ Вт}$ определило ее значение, равное $t_H = 820^\circ\text{C}$. При такой температуре вольфрам можно считать серым телом с коэффициентом теплового излучения $a = 0,28$. Эта информация позволяет, пользуясь изложенной выше методикой, оценить соотношение мощностей радиационной и конвективной теплоотдачи данного прибора. Они соответственно составляют $Q_{\text{рад}} = 224 \text{ Вт}$ (28 %) и $Q_{\text{кон}} = 576 \text{ Вт}$ (72 %). В сравнении с полученными ранее аналогичными показателями карбонового электронагревателя (78 % и 22 %) возможности радиационного обогрева у спирального обогревателя существенно ниже.

Релаксация нагревательного прибора

После включения нагревательного прибора в электрическую сеть обычно проходит определенный промежуток времени (время релаксации), в течение которого процесс теплоотдачи прибора во внешнюю среду выходит на стационарный режим. Одни приборы релаксируют быстро, а другим для выхода на стационарный режим требуется значительный промежуток времени. В связи с этим представляет практический интерес определение этого времени для карбонового и других типов нагревателей (спирального, масляного).

Разработанная для решения этой задачи методика состоит в следующем. На расстоянии 0,2 м от излучателя нагревательного прибора на штативе с термоизолятором устанавливается

термопара. Затем прибор включается в электросеть и начинается регистрация показаний термопары, нагреваемой тепловым потоком от прибора. Время выхода системы «термопара – электронагреватель» на стационарный режим τ фиксируется по моменту прекращения нагрева термопары.

В опытах использовались: цифровой 4-х канальный термометр типа VOLTcraft – 304 с микротермопарой хромель-копель, диаметр измерительного спая 1 мм, производства Германии. Показания термометра загружались в компьютер, оснащенный программой «TERM» с графопостроителем.

Для источника теплоты – карбонового нагревателя было получено время релаксации системы «термопара – электронагреватель» $\tau = 94$ с.

При этом, однако, следует иметь в виду, что термопара – тоже инерционный прибор, обладающий собственным временем релаксации τ_T . Согласно измерениям время релаксации термопары составляет $\tau_T = 21$ с. Очевидно, что только в этом случае, когда $\tau_T \ll \tau$, время релаксации системы τ может отождествляться с временем релаксации нагревательного прибора.

Следуя описанной методике были определены также время релаксации спирального ($\tau = 251$ с) и масляного нагревателя, тип «De Longhi», мощность $P = 1$ кВт производства Италии ($\tau = 48$ мин.)

Из приведенных выше данных следует, что карбоновый электронагреватель с момента включения выходит на стационарный режим работы в 2,7 раза быстрее спирального и в 30 раз быстрее масляного.

Спектральный состав излучения

К спектральному составу радиационной составляющей теплоотдачи электронагревательных приборов в настоящее время предъявляются определенные требования.

Во-первых, излучение прибора должно быть сосредоточено преимущественно в инфракрасной области спектра, где поглощение энергии электромагнитного излучения происходит наиболее эффективно.

Во-вторых, желательно, чтобы инфракрасное излучение прибора было локализовано в пределах волнового диапазона, наиболее благоприятного для человеческого организма. Условно его можно назвать диапазоном экологически комфортного излучения (ЭКИ). Он определяется на основе следующих соображений. Дело в том, что человеческий организм не только потребляет энергию извне, но и сам ее

излучает. Спектр этого излучения практически полностью находится в инфракрасной зоне и весьма близок к спектру абсолютно черного тела с максимумом интенсивности излучения на длине волны $\lambda \approx 9,5$ мкм [3]. Поэтому зона ЭКИ определяется в окрестности этой длины волны, где инфракрасное излучение гармонично сочетается с природой человеческого организма. Однако, как следует из табл. 2, нормативы, определяющие эту зону, в различных странах несколько различаются.

Таблица 2 – Нормативы диапазона ЭКИ

Страна	Диапазон ЭКИ, мкм
США	8 – 14
Япония	8 – 14
Страны ЕС	6 – 11
Россия	7 – 14
Китай	10 – 15

Представляется, однако, целесообразным усреднить эти показатели и в дальнейшем придерживаться универсального диапазона ЭКИ, который с точностью до целого значения λ составляет $\Delta\lambda = 8 \div 14$ мкм.

В работе исследованы спектры излучения базового карбонового нагревателя TOP – 1 №1 с номинальной мощностью $P=900$ Вт (рис.8 а) и инфракрасного карбонового нагревателя «INFRA WÄRMARE» №2 с мощностью $P=1000$ Вт, производства Швеции (рис.8 б).

Спектры были получены с помощью стационарного лабораторного комплекса на основе инфракрасного Фурье – спектрометра типа DCM – 1201 с разрешающей способностью $\Delta\lambda=0,01$ мкм, производства России. (см. фото рис.9)

Для проведения количественного анализа оригиналы спектров были обработаны и представлены в виде соответствующих гистограмм на рис.8. Ширина информационных полос на гистограммах составляет $\Delta\lambda=1$ мкм, а их высота, пропорциональная средней интенсивности излучения в пределах полосы, представлена в относительных (безразмерных) единицах n .

Как видно из рис.8. спектры обоих приборов находятся в ближней и средней зонах инфракрасной области в интервале длин волн $\lambda=2 - 22$ мкм. Оба спектра характеризуются первоначально резко нарастающей с увеличением λ интенсивностью излучения с последующим плавным ее убыванием. По показаниям оригиналов спектров максимумы интенсивности излучения у обоих приборов находятся в ближней инфракрасной зоне и соответствуют

$\lambda=3,45$ мкм (прибор №1) и $\lambda=5,03$ мкм (прибор №2).

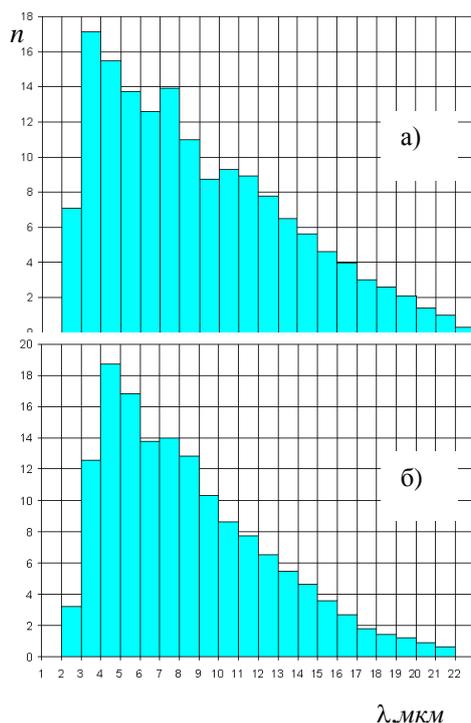


Рисунок 8– Спектры излучения ИК-нагревателей: а) – TOP-1, б) – «INFRA WÄRMARE»

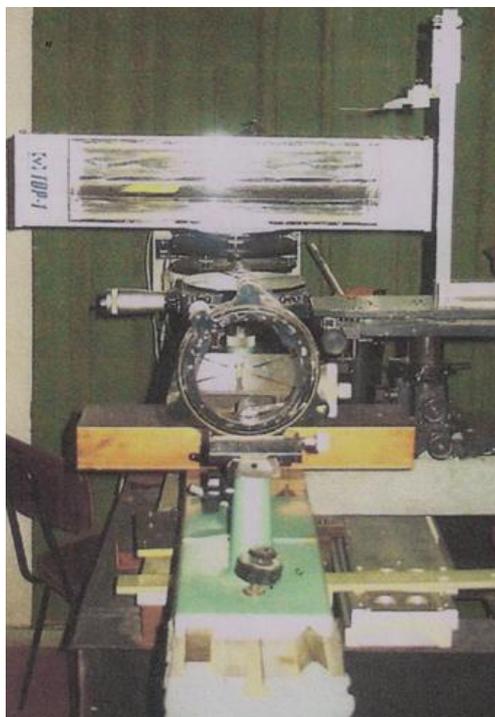


Рисунок 9 – Внешний вид Фурье спектрометра ДСМ-1201 с карбоновым ИК-нагревателем TOP-1

Полученные гистограммы спектров позволяют в пределах каждой информационной полосы вычислить среднюю интенсивность из-

лучения, абсолютное значение которой определяется формулой

$$I_i = (n_i / \sum_{i=1}^m n_i) \frac{Q_{\Sigma рад}}{S} 10^6 (Вт / м^3), \quad (9)$$

где: $i=1,2,\dots, m$ – текущий номер полосы в гистограмме; m – полное количество полос в гистограмме спектра; S – площадь поверхности излучателя.

Следует отметить, что диапазон экологически комфортного излучения полностью уместается в пределах спектров обоих приборов. При этом процентная доля энергии ЭКИ по отношению к энергии излучения всего спектра может быть определена с помощью следующего соотношения:

$$N = \left(\sum_{i=a}^b n_i / \sum_{i=1}^m n_i \right) \cdot 100, \quad (10)$$

где: a и b – номера полос на гистограмме спектра, соответствующих границам диапазона ЭКИ.

Вычисленная процентная доля составляет: $N=33,3\%$ для прибора №1 и $N=34,9\%$ для прибора №2.

Что касается спирального электронагревателя, то при мощности $P=800$ Вт, когда температура вольфрамовой спирали составляет $T=1093$ К, он излучает в диапазоне длин волн $\lambda=0,8 - 4,5$ мкм с максимумом интенсивности при $\lambda=2,65$ мкм. Очевидно, что в потоке лучевой энергии спирального нагревателя экологически комфортная составляющая отсутствует полностью.

Выводы

Результаты настоящей работы можно сформулировать в виде положений, отражающих основные итоги исследования.

Предметом исследования являлся, карбоновый электронагревательный прибор типа TOP – 1 с номинальной мощностью 900 Вт, работающий от сети с напряжением 220 В.

1. Исследования электрофизических характеристик нагревателя показали, что его реальная мощность близка к номинальной и составляет $P=800$ Вт при активном сопротивлении карбонового нагревателя $R=75$ Ом. Вольт-амперная характеристика прибора в широком диапазоне потребляемой мощности от 200 до 900 Вт близкий к линейному характер и аппроксимируется функцией вида

$$I=0,02V - 0,7.$$

2. Исследование теплового режима нагревательного прибора показало его способность к интенсивному генерированию потока лучевой энергии, обеспечивающей быстрый обогрев материальных объектов. Из общей мощности теплоотдачи прибора на долю излучения приходится 75%, а на долю конвективной теплоот-

дачи (медленный обогрев) – только 25%. Показано, что это соотношение весьма близко к предельному, составляющему соответственно 80% и 20%.

3. Для исследования пространственного распределения излучаемой прибором энергии была разработана и реализована на практике оригинальная методика измерения локальной энергетической освещенности, основанная на дистанционном измерении температуры облучаемого металлического светоприемника, работающего в режиме «световой ловушки».

4. Результаты изучения структуры поля энергетической освещенности в горизонтальной и вертикальной плоскостях позволили, в частности, оценить масштабы зоны интенсивного лучевого обогрева. Ее конфигурация компактна, а объем составляет примерно 9 м³.

5. Исследование спектра излучения прибора показало, что он практически полностью находится в инфракрасной зоне, располагается в широком диапазоне длин волн от 2 до 22 мкм и имеет максимум интенсивности излучения при $\lambda = 3,45$ мкм. Спектр полностью включает в себя диапазон экологически комфортного излучения от 8 до 14 мкм, на которое приходится 1/3 часть полного лучевого потока.

6. Исследование температурного режима карбонового нагревателя методом оптической пирометрии показало, что температура нагревателя 940°C существенно ниже температуры возгонки углерода 3700°C. С учетом того факта, что карбоновая лента находится в вакууме, эти данные позволяют сделать заключение о практически неограниченном рабочем ресурсе нагревателя.

7. Измерение времени выхода карбонового нагревателя на стационарный режим обогрева, осуществленное с помощью микротермопары, показало, что оно весьма незначительно (94 с) в сравнении с аналогичным временем нагревателя другого типа, например, масляного (48 мин.).

8. Проведено сопоставление рабочих характеристик карбонового нагревателя с аналогичными характеристиками весьма распространенного в быту спирального электронагревателя такой же мощности. Сравнение показало, что по всем основным характеристикам последний уступает первому и не может рассматриваться, как потенциальный конкурент на рынке бытовой техники.

Результаты разностороннего исследования карбонового электронагревателя TOP-1 дают основания рекомендовать его потребите-

лям в качестве оригинального бытового теплонагревателя, а также для обогрева производственных вентилируемых помещений, неизолированных от окружающей среды помещений с пребыванием людей и др. Этому способствуют следующие свойства энергоэффективных свойства прибора:

- обеспечение интенсивного, направленного излучения;
- экономия электроэнергии;
- интенсивный обогрев пространства в объеме 9 кубометров;
- тепловое излучение в режиме, экологически благоприятном для человека;
- конструкция, полностью исключающая сжигание кислорода;
- практически неограниченный рабочий ресурс карбонового нагревателя;
- экологическая безопасность прибора;
- компактность конструкции (малый вес и габариты).

В результате проведенного исследования получены необходимые данные для проведения расчетов систем обогрева с применением ИК-нагревателей TOP-1 в численных программных средах, таких как ANSYS/Flotran и др.

В целом при правильном расчете система инфракрасного обогрева позволяет экономить от 40 до 50 % электроэнергии даже в жилых помещениях.

Литература

1. ФЗ от 23 ноября 2009 г. № 261 ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергоэффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ».
2. Ушакова А.С., Тупикова Ю.С. Особенности инфракрасного обогрева./Термодинамические и гидравлические процессы в бытовой и коммунальной технике: Сборник материалов семинара кафедры «Машины и оборудование бытового и жилищно-коммунального назначения»/ под редакцией д-ра техн. наук, профессора Лепеша Г.В.– СПб.: Изд-во СПбГУСЭ, 2013. – с 40 - 45
3. Сухов Г.С., Лепеш Г.В. Теоретические основы технологий дифференцированного электрообогрева производственных помещений. Расчёт обогрева объёма рабочего места. Техничко-технологические проблемы сервиса. №3 (21). 2012. с. 22-25.
4. Лепеш Г.В., Сухов Г.С., Карп Л.В., Шмельёв М.Ю. Разработка экспериментально-методического обеспечения для исследования физических характеристик радиационных электронагревателей. Техничко-технологические проблемы сервиса. №1(1) 2007г. стр.22-33.



МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 648.23

СНИЖЕНИЕ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИ ВРАЩЕНИИ СТИРАЛЬНОГО БАРАБАНА В ПРОЦЕССЕ ОТЖИМА

С.Н. Алехин¹, С.П. Петросов², Л.С. Желтушкин³, А.С. Алехин⁴

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

В работе приведены теоретические основы, а также последовательность расчёта остаточной силы, являющейся одним из факторов, определяющим энергоэффективность стиральных машин барабанного типа при использовании автобалансирующего устройства с вытесняемой жидкостью, даны формулы для расчёта, поясняющие обоснования и выводы.

Ключевые слова: стиральная машина, энергоэффективность, центробежный отжим, динамические нагрузки, автобалансирующее устройство.

THE REDUCTION OF THE RESISTANCE FORCES DURING THE ROTATION OF THE WASHING DRUM DURING THE SPIN CYCLE

S.N. Alekhin, S.P. Petrosov, L.S. Zheltushkin, A.S. Alekhin
*Institute services sector and enterprise (branch) of the Don State Technical University
(ISOiP (branch) DGTU), 346500, Schachty, str. Shevchenko, 147*

In this work we present a theoretical framework as well as the sequence of calculation of the residual strength, which is one of the factors determining the energy efficiency of the drum-type washing machine using autobalancing device with displaced fluid, given the formulas for calculating explaining the rationale and conclusion.

Keywords: washing machine, energy efficiency, centrifugal spinning, dynamic loads, autobalancing device.

Известно, что энергопотребление стиральных машин при вращении барабана в процессе центробежного отжима определяется суммой сил сопротивлений, одной из которых является сила трения $F_{тр}$, возникающая в подшипниковой опоре барабана [1]. Установлено, что основным фактором, обуславливающим силу $F_{тр}$ является переменная нагрузка, возникающая при воздействии на систему неуравновешенной (центробежной) силы F_c от неуравновешенных масс текстильных изделий в период отжима.

Наиболее эффективным способом снижения динамических нагрузок, а соответственно и энергопотребления, в стиральных машинах при центробежном отжиме является ис-

пользование автобалансирующих устройств (АБУ).

В последнее время в ряде публикаций ([2], [3] и др.) появилось описание конструкций жидкостного АБУ пассивного типа с вытесняемой жидкостью, обладающей рядом важных преимуществ по сравнению с известными устройствами. Особенностью АБУ данного типа является наличие уравнивающей жидкости, заключенной в герметичной заполненной без пустот межстенной полости, образованной боковыми стенками двух цилиндрических ёмкостей – внутренней, являющейся, по сути, стиральным барабаном, упруго перемещающейся внутри наружной ёмкости, соединённой с валом привода.

¹Алехин Сергей Николаевич – кандидат технических наук, профессор кафедры "Технические системы ЖКХ и сферы услуг" ИСОиП (филиал) ДГТУ, моб.: +7 903 402 91 70, e-mail: alex_sn@mail.ru;

²Петросов Сергей Петрович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой "Технические системы ЖКХ и сферы услуг" ИСОиП (филиал) ДГТУ, моб.: +7 928 213 36 04;

Желтушкин Леонид Сергеевич – аспирант кафедры "Технические системы ЖКХ и сферы услуг" ИСОиП (филиал) ДГТУ, моб.: +7 906 618 54 00, e-mail: leonid.aspr@yandex.ru;

³Алехин Алексей Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры "Технические системы ЖКХ и сферы услуг" ИСОиП (филиал) ДГТУ, моб.: +7 960 46 45 955, e-mail: alekahlh@yandex.ru

В работах [4] и [5] были описаны отдельные вопросы теоретических основ определения параметров АБУ данного типа, в том числе остаточной неуравновешенной силы. Вместе с тем, многофакторность процесса уравнивания определила сложность реализации проведения расчётов, изложенных отдельными частями в опубликованных работах.

В данной работе авторами приведены результаты анализа теоретических основ определения конструктивных и силовых параметров АБУ, установлены базовые формулы и разработана на их основе методика расчёта.

Исходными параметрами для расчёта являются:

- величина номинальной загрузки машины сухими текстильными изделиями m_0 , кг;

- диаметр $d_в$, м, внутренней ёмкости АБУ (укажем, что здесь диаметр $d_в$, по сути, является диаметром барабана $d_б$ для стиральных машин без АБУ и определяется по известным формулам в зависимости от загрузки машины m_0);

- длина $L_в$, м, внутренней ёмкости АБУ (укажем, что здесь длина $L_в$, по существу, является длиной барабана $L_б$ для стиральных машин без АБУ и определяется по известным формулам в зависимости от загрузки машины m_0 и диаметра $d_в$);

- масса $m_в$, кг, внутренней ёмкости, зависящая от конструктивных особенностей машины и барабана;

- частота вращения $\omega_{вуст}$ барабана в период установившегося процесса отжима;

- плотность уравнивающей жидкости $\rho_{ж}$ (укажем, что плотность наиболее известных жидкостей изменяется обычно в незначительных пределах: $\rho_{ж}=800\dots1200$ кг/м³, однако, следует отметить, что плотность растворов может быть несколько выше, например солевых до 1400 кг/м³);

- величина остаточной осадки упругих элементов АБУ $h_{сж}$, которая в зависимости от схемы установки упругих элементов может быть равной нулю $h_{сж}=0$ или иметь какое-либо значение, определяемое характеристиками упругих элементов;

- текущие значения в произвольный момент периода отжима $\tau_{от,i}$ массы $m_б$ отжимаемых изделий, эксцентриситета $r_{е.б}$ и частоты вращения барабана $\omega_б$ определяют по методике, приведённой в диссертации Фетисова И.В. [6].

Определяемые параметры: c – суммарная жёсткость упругих элементов АБУ; Δl – перемещение внутренней ёмкости; $D_н$ – наружный диаметр барабана; $m_{ж}$ – масса уравнивающей жидкости; $L_{жс}$ – длина межстенной полости; $\Delta F_ц$ – остаточная сила.

Последовательность выполнения расчёта:

1) Так как было установлено [4], что полное уравнивание возможно только в определённый момент периода отжима $\tau_{от,i}=\tau_{от,ур}$, соответствующего определенной частоте $\omega_{б,i}=\omega_{б,ур}$ вращения барабана, то предварительно необходимо произвести выбор данного момента периода отжима $\tau_{от,ур}$, при котором выполняется условие полного уравнивания:

$$F_ц=F_{ур},$$

где $F_ц$ – центробежная (неуравновешенная) сила от неуравновешенных масс отжимаемых текстильных изделий; $F_{ур}$ – уравнивающая сила от массы уравнивающей жидкости в межстенной полости.

При этом, наиболее предпочтительными являются два варианта: 1 – выбор $\tau_{от,ур}$, при котором неуравновешенная (центробежная) сила $F_ц$ принимает максимальное значение $F_{цmax}$; 2 – выбор $\tau_{от,ур}$, при котором наступает резонанс колебательной системы $\tau_{от,рез}$. Здесь момент наступления резонанса $\tau_{от,рез}$ и момент $\tau_{от,max}$, при котором формируется максимальное значение $F_{цmax}$, вычисляется по методике, приведённой в диссертации Фетисова И.В. [6], причём, установлено, что максимальное значение неуравновешенная сила $F_ц$ принимает в момент окончания периода разгона барабана и начала периода установившегося вращения. Однако, возможны и другие варианты выбора $\tau_{от,ур}$.

2) Для данного выбранного момента периода отжима $\tau_{от,ур}$ определяют текущие значения массы $m_{б,ур}$ отжимаемых изделий, эксцентриситета $r_{е.б,ур}$ и частоты вращения барабана $\omega_{б,ур}$ по методике, как было указано выше, приведённой в диссертации Фетисова И.В. [6].

3) Задают диапазон возможных значений диаметра наружной ёмкости $D_н$, исходя из условия: $D_н=[d_в+2(\Delta l+h_{сж})]$, где $h_{сж}=0\dots h_{сж,max}$.

Здесь минимальные значения $D_{нmin}$ ограничены диаметром внутренней ёмкости $d_в$, а максимальные – габаритными размерами машины, что предполагает максимальное значение диаметра $D_{нmax}=0,6$ м. Таким образом, имеем: $d_в < D_н \leq 0,6$ м. Однако, могут быть приняты и другие максимальные значения диаметра $D_{нmax}$.

4) Задают значение коэффициента длины межстенной полости $k_{Lжс}$. Так как предполагается, что длина $L_{жс}$ межстенной полости не может быть больше длины $L_б$ барабана, то есть, $k_{Lmin} \leq k_{Lжс} \leq k_{Lmax}$, где коэффициент длины барабана обычно принимают $k_L=0,3\dots0,8$, то и значения $k_{Lжс}$ находятся также в диапазоне $k_{Lжс}=0,3\dots0,8$ с учётом условия $k_{Lmin} \leq k_{Lжс} \leq k_{Lmax}$.

5) Определяют массу уравнивающей жидкости $m_{ж}$ по формуле:

$$m_{жс} = \frac{\pi(D_n^2 - d_g^2)}{4} k_{Lжс} d_{гв} \rho_{жс}.$$

6) Определяют величину перемещения Δl_{yp} для выбранного момента $\tau_{ом.yp}$ периода отжима, соответствующего полному уравниванию, по формуле:

$$\Delta l_{yp} = \frac{m_{б.yp} r_{е.б.yp} (D_n^2 - d_g^2)}{m_{жс} d_g^2 - (m_{б.yp} + m_g) (D_n^2 - d_g^2)}.$$

Если полученные значения не удовлетворяют заданным требованиям, то производится корректировка значения $k_{Lжс}$ и расчёт повторяют. Из полученных значений для дальнейшего расчёта выбирают наиболее приемлемые с точки зрения конструктивных требований к стиральной машине.

7) Определяют минимально допустимое значение суммарной жёсткости c , Н/м, упругих элементов АБУ по условию:

$$c > (m_B \omega_B^2),$$

где $m_B = (m_{б} + m_g)$ – неуравновешенная масса барабана.

Здесь возможны два случая: 1 – расчёт c производят для момента $\tau_{ом.yp}$ периода отжима по формуле $c > (m_{б.yp} \omega_{б.yp}^2)$, при этом, на остальных промежутках периода отжима возможно возникновение непредсказуемой значительной неуравновешенной силы $F_{ц}$; 2 – расчёт c производят для всего периода отжима, на основании которого выбирают максимальное значение c , соответствующая максимальному значению $F_{цmax}$, при этом на остальных промежутках периода отжима возникает неуравновешенная сила $F_{ц}$, не превышающая, как показали исследования, неуравновешенную силу $F_{ц}$ в стиральных машинах без АБУ. Таким образом, наиболее предпочтительным является 2-й вариант. Первый вариант может быть принят в случае острой необходимости снижения именно резонансных колебаний в ущерб другим значениям колебаний.

8) Вычисляют суммарную жёсткость c , Н/м, упругих элементов АБУ для условий 1-го или 2-го случая, используя формулу:

$$c = \frac{m_{б} r_{е.б} \omega_B^2}{\Delta l} + (m_{б} + m_g) \omega_B^2,$$

при этом, должно быть учтено условие: $c > (m_B \omega_B^2)$.

9) Вычисляют перемещение Δl внутренней ёмкости для всего периода отжима по формуле:

$$\Delta l = \frac{m_{б} r_{е.б} \omega_B^2}{c - (m_{б} + m_g) \omega_B^2}.$$

10) Определяют остаточную силу $\Delta F_{ц} = (F_{ц} - F_{yp})$ для всего периода отжима по формуле:

$$\Delta F_{ц} = \left[m_{б} r_{е.б} + \Delta l \left(m_{б} + m_g - m_{жс} \frac{d_g^2}{D_n^2 - d_g^2} \right) \right] \omega_B^2.$$

причём для выбранного момента $\tau_{ом.yp}$ периода отжима должно выполняться условие $\Delta F_{ц} = 0$.

Приведённая методика позволяет определять основные параметры АБУ с вытесняемой жидкостью. Итоговый результат вычислений, выраженный в определении остаточной неуравновешенной силы $\Delta F_{ц}$, позволяет использовать полученные данные при исследовании сил сопротивления при вращении стирального барабана в период центробежного отжима текстильных изделий с целью выбора рациональных параметров АБУ, обеспечивающих эффективное снижение динамических нагрузок и, как следствие, энергопотребления стиральных машин.

Литература

1. Лебедев В.С. Технологические процессы машин и аппаратов в производствах бытового обслуживания / В.С. Лебедев. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 336 с.
2. Желтушкин Л.С. Автобалансирующее устройство жидкостного типа для стиральных машин с центробежным отжимом. / Л.С.Желтушкин, С.Н.Алехин // Вестник Северо-Кавказского гуманитарного института: ежеквартальный научно-практический журнал. г.Ставрополь.– №1(5)2013.– Ростов-на-Дону: ИП Соколовская С.Н. (типография «Аспект»), 2013.– 365 с.– С.166-170.
3. Патент на изобретение №2516147 РФ, кл. C1D06F 37/00. Стиральная машина барабанного типа / Алехин С.Н., Петросов С.П., Желтушкин Л.С., Алехин А.С., Лалетин В.И., Кузнецов А.Е. Оpub. 20.05.2014, Бюл.№ 14.
4. Алехин С.Н. Исследование процесса перемещения внутренней ёмкости автобалансирующего устройства с вытесняемой жидкостью стиральных машин / С.Н.Алехин, Л.С.Желтушкин, А.С.Алехин // Техничко-технологические проблемы сервиса/ – 2014, №3(29) – с. 32-37.
5. Алехин С.Н. Формирование уравнивающих масс при силовом смещении внутренней ёмкости автобалансирующего устройства стиральной машины / С.Н.Алехин, Л.С.Желтушкин, А.С.Алехин, А.Е.Кузнецов // В мире научных открытий. Красноярск: Научно-инновационный центр. 2014. №6.1(54) (Естественные и технические науки). – с.640-656.
6. Фетисов И.В. Исследование случайных воздействий на вибрационные характеристики стиральных машин барабанного типа при отжиме: Дис. ...канд. техн. наук: 05.02.13 / В.Г.Фетисов. – Шахты, 2011. – 204 с.

ЗАВИСИМОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПРЕССИОННОГО ХОЛОДИЛЬНИКА ОТ СПОСОБА ОХЛАЖДЕНИЯ ЕГО КОНДЕНСАТОРА

М.А.Лемешко¹, А.В. Кожемяченко², С.Р. Урунов³

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

В статье приводятся сведения о методе повышения энергетической эффективности компрессионного холодильника за счет интенсификации процесса охлаждения хладагента в конденсаторе. Рассматривается целесообразность использования принципа испарительного охлаждения в малых холодильных машинах. Приведено описание способа испарительного охлаждения поверхности конденсатора с использованием талой воды.

Ключевые слова: компрессионный холодильник, энергетическая эффективность процесса охлаждения, конденсатор, метод испарительного охлаждения

DEPENDENCE OF ENERGY EFFICIENCY COMPRESSION REFRIGERATOR FROM HIS WAY COOL CONDENSER

*M.A.Lemeshko, A.V. Kozhemyachenko, S.R.Urunov
Institute services sector and enterprise (branch) of the Don State Technical University
(ISOiP (branch) DGTU), 346500, Schachty, str. Shevchenko, 147*

This article provides information about the method of energy efficiency compression refrigerator due to the intensification of the process of cooling the refrigerant in the condenser. This article considers the appropriateness of the use of the principle of evaporative cooling in small refrigerators. In article describes the method of evaporative cooling surface condenser with meltwater.

Keywords: compression refrigerator, the energy efficiency of the cooling condenser, evaporative cooling method

Европейским стандартом EN 16001:2009, принятым в большинстве стран Европы, а также национальными стандартами ряда государств утверждены требования к энергопотреблению всех используемых и разрабатываемых машин, приборов, оборудования, в том числе, торговых и бытовых холодильников. В рамках государственной программы РФ "Энергоэффективность и развитие энергетики" [1], выдвинуты требования по созданию и использованию новых энергоэффективных потребителей электроэнергии, к которым относятся и холодильные приборы, используемые в службах сервиса, например, в гостиничном хозяйстве и ресторанном бизнесе и др.

В компрессионных холодильниках, в холодильном цикле компрессор, всасывая хладагент из испарителя, под давлением подает хладагент в конденсатор, в котором выполняется переход хладагента из парообразного состояния в жидкое. От эффективности отвода

тепла от конденсатора зависит эффективность процесса конденсации, что определяет давление на выходе из компрессора. Увеличение интенсивности конденсации хладагента приводит к снижению давления на выходе из компрессора, что обуславливает снижение его потребляемой мощности, а, следовательно, и удельное энергопотребление холодильника. Повышение эффективности конденсации хладагента сказывается также на улучшении холодильного коэффициента, являющегося критерием эффективности холодильного цикла. В общем случае интенсификация охлаждения конденсатора может быть представлена двумя процессами, приведенными на рисунке 1, где сравниваются холодильный цикл с типовым способом охлаждения конденсатора – естественной конвекцией (пунктирная линия) и холодильный цикл с интенсивным охлаждением конденсатора (сплошная линия).

¹ Лемешко Михаил Александрович – канд. техн. наук., профессор кафедры "Технические системы жилищно-коммунального хозяйства и сферы услуг", ИСОиП (филиал) ДГТУ в г.Шахты, тел. +7 988 252 85 53, e-mail: lem-mikhail@ya.ru;

² Кожемяченко Александр Васильевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технические системы жилищно-коммунального хозяйства и сферы услуг», ИСОиП (филиал) ДГТУ в г.Шахты. тел. +7 918 503 81 30. e-mail: tabn@dssa.ru;

³ Урунов Салават Рашидович – магистрант механико-радиотехнического факультета группы БМП-Рg11, ИСОиП (филиал) ДГТУ в г.Шахты. тел. +7 928 615 37 41. e-mail: salavat4you@gmail.com.

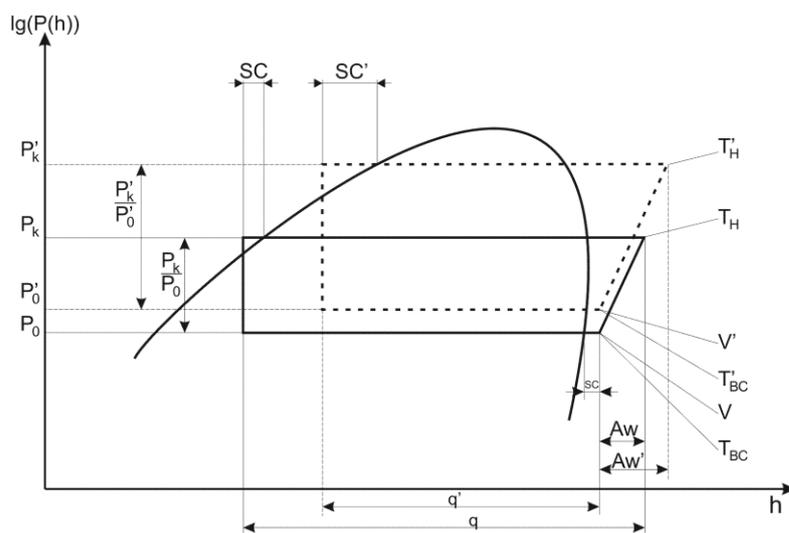


Рисунок 1 – Диаграммы $\lg(P(h))$, при различной степени интенсивности охлаждения конденсатора

Увеличение интенсивности охлаждения конденсатора приводит к следующим изменениям в холодильном цикле: – понижается давление конденсации, P_k ; – незначительно понижается давление испарения, P_0 ; – понижается температура нагнетания, T_H ; – незначительно понижается температура всасывания, T_{BC} ; – уменьшается коэффициент сжатия, P_k/P_0 ; – незначительно понижается объемная производительность, V ; – повышается холодопроизводительность, q ; – понижается тепловой эквивалент работы компрессора, Aw .

Как известно [2], основным показателем энергетической эффективности работы холодильника является суточное потребление электроэнергии, определяемое из выражения:

$$E = 0,024W \frac{Q_T}{Q_X}, \text{ кВт}\cdot\text{ч/сут}, \quad (1)$$

где: W – мощность, потребляемая компрессором, Вт; Q_T – внешний теплоприток в шкаф холодильника, Вт; Q_X – холодопроизводительность агрегата, Вт.

С учетом того, что

$$W = \frac{Q_X}{\varepsilon_3}, \quad (2)$$

где ε_3 – удельная холодопроизводительность, выражение (1) можно записать в виде:

$$E = 0,024 \frac{Q_T}{\varepsilon_3}. \quad (3)$$

Таким образом, суточное энергопотребление холодильника E определяется двумя основными параметрами: величиной теплопритока в шкаф и значением холодильного коэффициента, зависящим от степени совершенства реального цикла холодильного агрегата, в том числе от эффективности процесса конденсации.

В бытовых и торговых компрессионных холодильниках тепло от конденсатора передается окружающему воздуху путем естественного теплообмена, либо путем обдува его поверхностью вентилятором [3].

В технике получения холода известно применение, так называемого испарительного охлаждения. Например, известны разработки [4] в которых поверхность конденсатора увлажняется, а затем обдувается вентилятором. Интенсивный поток воздуха, пропускаемый вдоль поверхности конденсатора, приводит к интенсивному испарению воды с его поверхности и его охлаждению.

Для малых холодильных машин, к которым относятся торговые и бытовые холодильники применение испарительного охлаждения малоизученно. Приведем некоторые результаты исследования испарительного охлаждения конденсатора в компрессионных холодильниках малой мощности.

Согласно разработкам [5,6] охлаждение конденсатора может быть осуществлено путем увлажнения его поверхности водой из мелкодисперсионных форсунок с приводом. При этом включение/выключение привода форсунок осуществляется по сигналу с датчика влажности поверхности конденсатора. Использование такого способа охлаждения поверхности конденсатора позволяет увеличить интенсивность охлаждения хладагента, позволяет упростить конструкцию, снизить удельное энергопотребление холодильника.

Увеличить интенсивность охлаждения конденсатора можно также за счет испарения талой воды на поверхности компрессора и частично на поверхности конденсатора [7].

При реализации этого способа талая вода после вывода её из холодильного шкафа направляются по каналу в желобок, закрепленный на поверхности компрессора. Вода из желобка по капиллярным трубкам, закрепленным на

верхней части компрессора, поднимается за счет капиллярного эффекта или с помощью насоса на верхнюю часть компрессора, где испаряется. В результате научных исследований, выполненных с участием авторов, этот способ был модернизирован [8].

Предложено охлаждение поверхности конденсатора компрессионного холодильника выполнять с использованием талой воды путем направления этой воды на змеевик конденсатора. Для этого, из сборника талой воды в холодильном шкафу или из другого источника воды в холодильнике вода направляется в желобок, в средней части которого находится трубка змеевика конденсатора, при этом вода самотеком стекает по наклонным коленам желобка, увлажняя его поверхность и трубки конденсатора. Остатки талой воды направляются в емкость на компрессоре.

Сущность предложенного способа охлаждения конденсатора компрессионного холодильника поясняется на рисунке 2. Приведен общий вид задней стенки холодильного шкафа с конденсатором и компрессором. Холодильник содержит шкаф 1, компрессор 2, выходной канал 3 для талой воды из холодильного шкафа, желобок 4, охлаждаемую трубку 5 змеевика конденсатора.

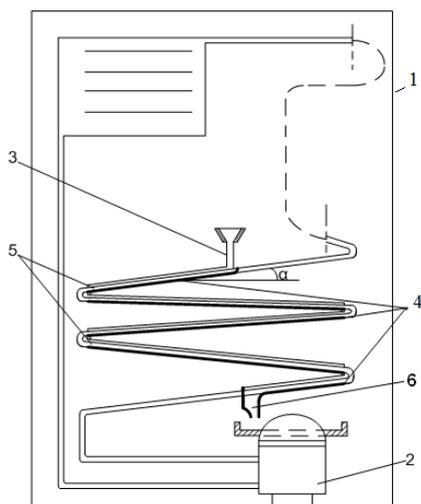


Рисунок 2 – Схема охлаждения поверхности конденсатора холодильника талой водой

Талая вода из холодильного шкафа 1, из выходного канала 3 поступает в желобок 4, охватывающий трубку 5 змеевика конденсатора.

При образовании талой воды и выхода ее из внутреннего объема холодильного шкафа 1, вода направляется по выходному каналу 3 в желобок 4. Под действием силы тяжести вода по желобку 4 стекает к участку изгиба трубки змеевика конденсатора и по вертикальному каналу направляется в желобок, расположенный ниже верхнего желобка.

Использование талой или другой воды для охлаждения конденсатора позволяет эффективно реализовать испарительное охлажде-

ние, что напрямую связано с увеличением эффективности охлаждения хладагента в конденсаторе и увеличением холодильного коэффициента. Это обеспечивает снижение энергопотребления эксплуатируемого холодильника, снижение нагрузки на компрессор и в целом увеличение ресурса работы холодильника. Эффективность применения испарительного охлаждения увеличивается, когда увлажнение и обдув поверхности конденсатора совмещается с увлажнением и обдувом поверхности компрессора [9].

Выводы:

1. Одним из перспективных методов увеличения энергетической эффективности компрессионных холодильников является метод интенсификации процесса охлаждения хладагента в конденсаторе, реализуемый за счет использования технологии испарительного охлаждения.

2. Интенсивное охлаждение конденсатора компрессионного холодильника может быть обеспечено путем использования талой воды для реализации испарительного охлаждения.

Литература

1. Государственная программа Российской Федерации "Энергоэффективность и развитие энергетики" (утв. постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 321)
2. Вейнберг Б.С. Бытовые компрессионные холодильники / Б.С. Вейнберг, Л.Н. Вайн. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 272 с.
3. Лемешко М.А. Увеличение интенсивности теплообменных процессов конденсатора компрессионного холодильника. / *Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты*. 2014. № 12. С. 65-69.
4. Испарительные конденсаторы Baltimore Aircoil. ЗАО «ИРИМЭКС» Рекламная информация http://www.irimex.ru/services/catalog/conditioners/isparitelniye_kondensatoriy_baltimore_aircoil (дата обращения: 10.10.2014)
5. Лемешко М.А. Технологии повышения энергетической эффективности бытовых холодильных приборов. / *Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты*. 2014. № 13. С. 188-196.
6. Снижение энергопотребления бытового холодильного прибора путем интенсификации охлаждения конденсатора. / Кожемяченко А.В., Лемешко М.А., Рукаевич В.В., Шерстюков В.В., *Инженерный вестник Дона*. 2013. Т. 24. № 1 (24). С. 60
7. Patent DE № WO2008/025630 03.06.2008 Vorrichtung zum verdunsten von in einer sammelschale eines Kuehlgeraetes gesammeltem Abtauwasser und Kuehlgeraet mit einer solchen Vorrichtung.
8. Патент РФ № 2521424 МПК F25B49/02 Способ охлаждения конденсатора компрессионного холодильника. Опуб. 27.06.2014. Бюл. № 18
9. Патент РФ № 2511804 МПК F25B1/00 Способ охлаждения герметичного компрессорно-конденсаторного агрегата компрессионного холодильного прибора. Опубл. 10.04.2014. Бюл. № 10

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И ЗАРУБЕЖНОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ ЛОГИСТИКИ СЕРВИСА «АССИСТАНС»

Ю.Г.Лазарев¹, А.С.Скоробогатый², С.В.Кочешков³

¹⁻³Санкт-Петербургский государственный экономический университет (СПбГЭУ)
191023, г. Санкт-Петербург, ул. Садовая, 21.

Статья посвящена проблематике моделирования восстановления работоспособности отечественной и зарубежной техники на основе логистики сервиса «Ассистанс» с целью повышения эффективности работы предприятий сервиса в условиях непрерывности перевозочного процесса и современной транспортной инфраструктуры России.

Ключевые слова: Математическое моделирование, восстановление работоспособности, техника, эффективность, работа предприятий сервиса Ассистанс, транспортная инфраструктура, логистика.

A MATHEMATICAL MODEL OF THE RECOVERY OF DOMESTIC AND FOREIGN TECHNICS -BASED LOGISTICS SERVICE "ASSISTANCE"

Y.G. Lazarev, A.S. Skorobogatov, S.W. Kocheshkov
St. -Petersburg state university of economics (SPbGEU),
191023, St. Petersburg, street Sadovaya, 21

This article is devoted to problems of modeling the recovery of domestic and foreign technology-based logistics service "assistance" for the effective operation of the service enterprises assistance in the conditions of continuity of the transportation process and modern transport infrastructure of Russia.

Keywords: Mathematical modeling, recovery techniques, effective service enterprises assistance, transport infrastructure, logistics service assistance.

Математическая модель любого процесса представляет собой формализованное описание его основного содержания и включает набор признаков, параметров (показателей), искомым переменных, а также целевую функцию и систему ограничений [1]. Логистика сервиса «Ассистанс» предполагает надежную работу не только в спокойных, «обыденных» условиях, но и в условиях решения сложных технических задач [2] связанных с отсутствием полной информации, а так же в условиях неравномерного потока заказов и обращений, связанных с резкими погодными и температурными перепадами, техногенными авариями, и требует быстрых, рассчитанных и правильных решений в каждой трудной ситуации и в крайне сжатые сроки.

Для математического описания процесса

восстановления работоспособности техники в таких условиях с целью его анализа, сравнения, прогнозирования и выбора рационального варианта его реализации следует принять [3]: Признаки – условные номера:

i – вид техники ($i = 1, i = 2, i = 3$);

v – объект работ техники ($v = \overline{1, N}$);

j – вид ремонта ($j = 1 - T_p, j = 2 - C_p$);

β – объем ремонта ($\beta = 1$ – по первой очереди, $\beta = 2$ – в полном объеме);

u – тип сервисной либо ремонтной мастерской ($u = 1, u = 2, u = 3$);

k – место использования сервисных или ремонтных мастерских ($k = \overline{1, K}$).

¹Лазарев Юрий Георгиевич – кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры "Автосервис" СПбГЭУ. тел.: +7 921 441 68 37; e-mail: lazarev-yurij@yandex.ru;

²Скоробогатый Анатолий Сергеевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры "Автосервис" СПбГЭУ. тел.: +7 911 219 24 81; e-mail: Sas_1947@mail.ru;

³Кочешков Сергей Вячеславович, старший преподаватель кафедры "Автосервис" СПбГЭУ. тел.: +7 911 988 77 39; e-mail: Svk_57@mail.ru.

Показатели (экзогенные переменные):
Используемые в качестве исходных данных:

T_e – продолжительность процесса восстановления работоспособности техники, сут.; t_e – продолжительность сменного рабочего времени, ч;
 $M_{o_{iv}}$ – количество поломок (отказавшей, неработоспособной) техники, ед.; $M_{pmp_{ivj}}$ – количество неработоспособной техники, требующей ремонта, ед.; $M_{эmp_{ivj}}$ – количество неработоспособной техники, требующей эвакуации, ед.;
 N_u – наличие сервисных (ремонтных) мастерских, ед.; N_s – наличие средств эвакуации, ед.; G_{ij} – наличие запасных частей и агрегатов для ремонта техники, к-тов; $q_{ij\beta}$ – трудоёмкость ремонта машины, чел.-ч; q_{vk} – трудоёмкость эвакуации машины, чел.-ч; $g_{ij\beta}$ – норма расхода запасных частей (агрегатов) на ремонт машин, к-тов/рем.;
 Φ_{uk} – фонд рабочего времени работников ремонтной мастерской, чел.-ч; t_{vk} – продолжительность эвакуации машины, ч/маш.; Φ_s – фонд рабочего времени средства эвакуации, ч.

Определяемые в результате планирования (эндогенные переменные): $M_{э_{ivjk}}$ – количество эвакуированной техники и той, которую целесообразно эвакуировать, ед.; $M_{э_{ivj}}^{(u)}$ – количество техники, эвакуация которой нецелесообразна, ед.; $M_{op_{ivj\beta ku}}$ – количество техники отремонтированной и той, которая может быть отремонтирована, ед.; $M_{op_{ivj}}^{(u)}$ – количество техники, которая не может быть отремонтирована, ед.; $N_s^{(mp)}$, $N_s^{(p)}$ – потребность в средствах эвакуации, их резерв, ед.; $N_{uk}^{(mp)}$, $N_u^{(p)}$ – потребность в сервисных (ремонтных) мастерских, их резерв, ед.; Q – трудоёмкость процесса восстановления работоспособности техники, чел.-ч.

Искомые (эндогенные) переменные, принимающие следующие обозначения для составления математической модели: y_s , $y_s^{(n)}$ – потребность в средствах эвакуации, их резерв, ед.; z_{uk} , $z_u^{(n)}$ – потребность в сервисных мастерских, их резерв, ед. $x_{ivj\beta ku}^{(op)}$, $x_{ivj}^{(np)}$ – количество аварийной техники, выполнение ремонта которой возможно (невозможно) ед.; $x_{ivjk}^{(эц)}$, $x_{ivj}^{(эн)}$ – количество аварийной техники, эвакуация которой целесообразна (нецелесообразна) ед.; $\phi_s^{(н)}$, $\phi_{uk}^{(н)}$ – резерв фонда рабочего времени средств эва-

куации (маш.-ч), работников сервисной мастерской (чел.-ч).

В ходе исследований [4,5,6] выявлено, что результаты функционирования ремонтных органов оценивают рядом показателей (локальных критериев), среди которых особое место занимают количественный коэффициент обслуживаемых работоспособных машин - K_p и количество отремонтированной техники - M_e , при этом K_p функционально зависит от количества требующей восстановления работоспособности техники - M_{emp} и стремится к единице, а в условиях ограниченных ресурсов – к нормативному (заданному) коэффициенту - K_{pz} при условии:

$$M_e \rightarrow M_{emp} . \quad (1)$$

Следовательно, целевую функцию задачи выбора рационального варианта восстановления работоспособности техники можно представить, как количество отремонтированной техники на определенный момент времени при различном объеме аварийно-спасательных работ по месту и времени и различных вариантах использования ремонтных и эвакуационных средств, сложившейся структуры подсистемы восстановления работоспособности техники с целью выбора наиболее эффективного варианта. В этом случае основной (глобальный) критерий эффективности функционирования подсистемы должен устремляться к максимуму. Это значит, что в сервисных (ремонтных) мастерских должно быть восстановлено максимальное (требуемое) количество неработоспособной техники.

Предполагается [7], что для различных групп сервисных (ремонтных) мастерских, или даже отдельной организации «Ассистанс», отличающихся территориальным расположением и различным параметром потока отказов техники, варианты эффективного функционирования ремонтных органов будут различны.

Показатель M_e будет отличаться при различных вариантах функционирования подсистемы восстановления работоспособности, при которых показатели территориально-временного размещения ремонтных и эвакуационных средств по отношению к местам и времени поломок техники будут неодинаковы. Так, при варианте, в котором для увеличения фонда рабочего времени ремонтных органов применяется стационарное их использование, возможен простой ремонтных средств, и напротив, при варианте, в котором

для уменьшения простоя в ожидании ремонта используется применение выездных бригад, увеличивались потери времени на перемещение, свертывание и развертывание ремонтных средств.

При этом достаточно существенное влияние на повышение производительности подсистемы восстановления работоспособности техники оказывает правильный выбор мест размещения ремонтных и сервисных органов.

Выбор мест размещения и путей перемещения ремонтных бригад должен быть связан, прежде всего, с определением районов наибольшего количества поломок техники или в районах концентрации отказавших машин.

Таким образом, при составлении математической модели восстановления работоспособности техники, с целью максимизации показателя M_6 в первую очередь необходим учет таких частных (локальных) критериев, как коэффициент освоения эвакуационного фонда $K_{оз}$, коэффициент освоения ремонтного фонда $K_{оп}$, полезное рабочее время эвакуационных средств T_3 и полезное рабочее время ремонтных средств $T_с$, выявленных в результате экспертного опроса и наиболее полно характеризующих эффективность подсистемы восстановления работоспособности техники. Следовательно [1], для составления математической модели восстановления работоспособности техники в общем виде можно принять:

$$M_6 = f(K_{оп}, K_{оз}, T_с, T_3). \quad (2)$$

Частные критерии в аналитической форме выражаются так:

1. Коэффициент освоения ремонтного фонда $K_{оп}$.

$$K_{оп}(T_6) = \sum_{i,v,j,\beta,k,u} \frac{M_{опivj\beta ku}(T_6)}{M_{рмпivj}(T_6)}. \quad (3)$$

Под зависимостью (3) понимается, что необходимо осваивать весь фонд по восстановлению работоспособности техники, как на местах использования ремонтных мастерских, так и на объектах работы выездных бригад т. е. в случае освоения всего ремонтного фонда на месте работы мастерской необходимо перенаправление ремонтных средств на другие сервисные объекты.

Полагая, что количество восстановленной техники за период T_6 не может превышать фактических производственных возможностей сервисных мастерских W_ϕ за тот же период при

полной их реализации, справедливо будет выражение

$$M_{оп}(T_6) = W_\phi(T_6) = W_n \times K_{сн} \times K_m \times (1 - K_c) \times K_{н6} \times T_6, \quad (4)$$

где: W_n – нормативные (расчетные) суточные производственные возможности ремонтных мастерских по T_p и C_p , ед.; $K_{н6}$ – коэффициент, учитывающий превышение норм выработки ремонтниками ($K_{н6} = 1,1 - 1,15$).

Логистика сервиса Ассистанс предполагает [2,5], при необходимости, одновременное проведение различных видов ремонтов, а так же восстановление работоспособности как отечественной так и зарубежной техники, для чего требуется проведение четких организационных мероприятий по месту и времени для совместного использования различных ремонтных и сервисных мастерских.

Следовательно, необходимо, стремясь к максимизации показателя M_6 , который должен обеспечиваться усилиями всех уровней структурного построения организации сервиса Ассистанс, но во всех случаях используемые ремонтные средства различных уровней должны в первую очередь осваивать T_p , т. е.: $M_6(T_p) \rightarrow \max$, а C_p будет осваиваться ремонтными выездными бригадами, ремонтными органами сопутствующих организаций сервиса Ассистанс, местной ремонтной базой по договору. Объемы по восстановлению работоспособности техники назначаются с учетом рациональной трудоемкости ремонтных работ.

В свою очередь полагая, что количество техники, требующей ремонта, $M_{рмпivj}$ – это не что иное, как вся отказавшая (неработоспособная) техника $M_{оiv}$ за период T_6 , предполагается следующая зависимость в общем виде:

$$M_{рмп} = M_o = 0,01 \times M_{сн} \times П_c \times d \times T_6, \quad (5)$$

где: $M_{сн}$ – количество техники застрахованной в организации «Ассистанс», ед.; $П_c$ – средне-суточная (расчетная, по данным наблюдений, по экспертным оценкам, нормативная) поломка техники, %; d – доля отказавшей техники, требующей T_p и C_p .

В зависимости (5) начальным является параметр потока отказов. В этом случае решение вопросов организации комплексного ремонта невозможно без данных количества поломок комплексных образцов техники по различным причинам. То есть параметр потока отказов должен быть распределен с учетом по-

явления сочетаний требований на ремонт и отечественной и зарубежной техники.

Определение временных и территориальных показателей, характеризующих потерю работоспособности техники, описывается как единый процесс территориально-временного распределения ремонтного фонда. То есть, используя привычные исходные данные, получаемые при планировании работы ремонтных и сервисных отделений организации «Ассистанс», представляется возможным моделировать точные, фактические координаты требующих восстановления работоспособности машин в пределах тех участков, на которых эти организации в данный момент работают, и не учитывать условный показатель Km (коэффициент снижения нормативных возможностей ремонтных средств из-за территориального рассредоточения ремонтного фонда ($Km = 0,7 - 0,9$)).

Отталкиваясь от вышесказанного, представляется возможным выражение (3) интерпретировать следующей зависимостью:

$$K_{op}(T_6) = \frac{W_n \times K_{cn} \times K_m \times (1 - K_c) \times K_{ne}}{0,01 \times M_{cn} \times P_c \times d} \times T_6 \quad (6)$$

Если же использовать не количественные показатели требующей восстановления работоспособности техники и возможностей ремонтных средств по единичному ремонту, а трудоёмкости ремонтов машин $q_{ij\beta}$ чел.-ч и фонд рабочего времени работников ремонтных мастерских Φ_{uk} чел.-ч., то, следовательно, зависимость (6) примет окончательный вид:

$$K_{op}(T_6) = \frac{N_{cn} \times T_c \times K_{cn} \times (1 - K_c) \times K_{ne}}{0,01 \times M_{cn} \times P_c \times d \times q} \times T_6 \quad (7)$$

где: N_{cn} – количество ремонтников в мастерских, чел.; T_c – полезное рабочее время ремонтных средств по восстановлению работоспособности техники в сутки, ч.

2. Коэффициент освоения эвакуационного фонда $K_{o\partial}$:

$$K_{o\partial}(T_6) = \sum_{i,v,j,k} \frac{M_{\partial_{ivjk}}(T_6)}{M_{\partial_{ivj}}(T_6)} \quad (8)$$

Принимая, что количество требующей эвакуации техники не может превышать возможностей эвакуационных средств по ее эвакуации, аналогично зависимости (4) предлагается иметь:

$$M_{\partial} = \frac{N_{\partial} \times V_{cp\partial} \times T_{\partial} \times K_{um}}{2L} \times T_6 \quad (9)$$

где T_{∂} – полезное рабочее время эвакуационных средств в сутки, ч; L – плечо эвакуации техники, км; $V_{cp\partial}$ – средняя скорость эвакуации, км/ч (25-30) [3]; K_{um} – коэффициент использования тягачей (0,6 – 0,8) [3].

Полагая, что количество неработоспособной техники, нуждающейся в эвакуации, $M_{\partial_{ivj}}$ – это ни что иное как вся отказавшая (требующая восстановления работоспособности) техника $M_{o_{iv}}$ за период T_6 , эвакуация которой целесообразна, в общем виде принимаем следующую зависимость:

$$M_{\partial} = (0,01 \times M_{cn} \times P_c \times d \times T_6) - M_{\partial}^{(H)} \quad (10)$$

Такая постановка справедлива, так как правая часть зависимости (10) представляет собой конечное количество техники, отказавшей во времени и пространстве и обладающей определенными характеристиками отказов, влияющих на процесс восстановления работоспособности техники и требующей ее эвакуации к месту расположения сервисных и ремонтных средств, за исключением техники, эвакуация которой нецелесообразна.

В случаях, при которых $M_{\partial_{ivjk}} < M_{\partial_{ivj}}$, неэффективно выполняются мероприятия эвакуации и требуется повышение возможностей по эвакуации путем увеличения количества эвакуационных средств, уменьшения плеча эвакуации либо необходимо принимать решение на перемещение ремонтного средства к неработоспособной технике. Если: $M_{\partial_{ivjk}} > M_{\partial_{ivj}}$, то возможности эвакуационных средств по эвакуации техники с данного объекта работ превышают потребности по эвакуации, и в этом случае будет рационально передать незадействованные эвакуационные средства на другой объект работ.

В таком случае выражение (10) представляется в виде

$$K_{o\partial}(T_6) = \frac{N_{\partial} \times V_{cp\partial} \times T_{\partial} \times K_{um}}{2L \times (0,01 \times M_{cn} \times P_c \times d - M_{\partial}^{(H)})} \times T_6 \quad (11)$$

Аналогично первому пункту преобразуются количественные показатели техники, требующей эвакуации, и возможности эвакуационных средств в продолжительности эва-

куации машин t_3 , ч и фонд рабочего времени средств эвакуации Φ_3 , ч и принимается итоговая аналитическая зависимость

$$K_{o3}(T_3) = \frac{N_3 \times T_3 \times K_{um}}{(0,01 \times M_{cn} \times P_c \times d - M_3^{(H)}) \times t_3} \times T_3. \quad (12)$$

3. Полезное рабочее время ремонтных средств T_c .

В процессе восстановления работоспособности техники единичное ремонтное средство может находиться в состояниях: ожидания появления требования на ремонт, перемещения к ранее появившемуся требованию на ремонт, развертывания для работ у ранее отказавшей техники, ожидания доставки отказавшей машины к мастерским, свертывания после завершения ремонта.

Следовательно, полезное рабочее время ремонтных средств T_c выражается следующей аналитической зависимостью:

$$T_c = t_6 - (t_{nc} + t_{\partial 6} + t_{csp}), \quad (13)$$

где: t_6 – продолжительность сменного рабочего времени ремонтных органов в сутки t_6 , ч; t_{nc} – время простоя ремонтных средств в ожидании ремонтного фонда (возникает в случае превышения производственных возможностей ремонтного средства над потребностями в восстановлении работоспособности техники и неэффективной эвакуации техники к месту работы средства), ч; $t_{\partial 6}$ – время движения ремонтных средств (необходимость перемещения ремонтного средства возникает в результате появления t_{nc} , ч); t_{csp} – время свертывания и развертывания ремонтных средств при перемещениях (нормативное), ч.

4. Полезное рабочее время эвакуационных средств T_3 .

$$T_3 = t_6 - t_{n3}, \quad (14)$$

где t_{n3} – время простоя эвакуационного средства в ожидании эвакуационного фонда (возникает в случае превышения возможностей эвакуационного средства над потребностями в эвакуации техники к местам работы сервисных и ремонтных средств), ч.

Возможность учета показателя T_c для получения фонда рабочего времени работников ремонтных мастерских Φ_{uk} и дальнейшего использования последнего в математической модели в конечном итоге дает возможность не учитывать в качестве исходных данных для поиска рационального варианта восстановления коэф-

фициент снижения нормативных возможностей ремонтных средств из-за территориального расщепления ремонтного фонда K_m .

В свою очередь, учет показателя T_3 обеспечит максимальное использование эвакуационных средств и исключит их простой.

Практика показывает [2,3], что главным показателем эффективной организации функционирования подсистемы восстановления работоспособности является максимизация количества восстанавливаемой техники. Логические рассуждения и расчеты говорят о том, что коэффициент освоения ремонтного фонда K_{op} должен стремиться к единице $K_{op} \rightarrow 1$, это будет выполняться при условии, что суммарное полезное рабочее время ремонтных средств по восстановлению работоспособности техники будет максимальным $T_c \rightarrow \max$, с этой целью необходимо добиться $K_{o3} \rightarrow 1$, который, в свою очередь, зависит от $T_3 \rightarrow \max$. Отклонение от этого варианта неизбежно ведет к снижению M_6 .

Следовательно, согласно зависимости (2):

$$M_6 = f(K_{op}, K_{o3}, T_c, T_3) \rightarrow \max. \quad (15)$$

Зависимость (15), как уже упоминалось выше, будет справедлива при

$$K_{op} \times K_{o3} \rightarrow 1. \quad (16)$$

При этом

$$K_{op} = f(T_c \rightarrow \max), \quad (17)$$

$$K_{o3} = f(T_3 \rightarrow \max). \quad (18)$$

Таким образом, конечный результат реализации процесса восстановления работоспособности техники зависит как от возможностей ее эвакуации, так и от возможностей ремонта:

$$M_6 = f(K_{op}, K_{o3}). \quad (19)$$

При этом произведение $K_{op} \times K_{o3}$ представляет собой коэффициент эффективности функционирования подсистемы восстановления работоспособности техники $K_{эв}$, в свою очередь являющийся коэффициентом освоения фонда по восстановлению работоспособности техники $K_{ос}$:

$$K_{эв} = K_{op} \times K_{o3} = K_{ос} = \frac{M_6}{M_0} \rightarrow 1. \quad (20)$$

Полагая, что $M_6 \leq M_0$, выражение (2.28) преобразуется в зависимость

$$M_6 = M_0 \times K_{ос} \rightarrow \max. \quad (21)$$

Следовательно, предлагается аналитическую зависимость, характеризующую свойства математической модели выбора рационального варианта восстановления отечественной и зарубежной техники на основе логистики сервиса «Ассистанс», иметь в

виде

$$M_{\epsilon}(T_{\epsilon}) = \sum_{i,v} M_{o_{iv}}(T_{\epsilon}) \times \sum_{i,v,j,\beta,k,u} \frac{M_{op_{ivj\beta ku}}(T_{\epsilon})}{M_{pmp_{ivj}}(T_{\epsilon})} \times \sum_{i,v,j,k} \frac{M_{\epsilon_{ivjk}}(T_{\epsilon})}{M_{\epsilon mp_{ivj}}(T_{\epsilon})} \quad (22)$$

Целевая функция (глобальный критерий) [1] искомого результата процесса выбора рационального варианта восстановления работоспособности техники в его математической модели:

$$M_{\epsilon} \{x\} = \sum_{i,v,j,\beta,k,u} x_{ivj\beta ku} \rightarrow \max \quad (23)$$

Математическую модель процесса, наряду с целевой функцией, составляют следующие ограничения:

– по объемам эвакуации техники

$$x_{ivjk}^{(\epsilon u)} \leq M_{\epsilon mp_{ivj}} \quad (24)$$

– по объемам ремонта техники

$$\sum_{\beta,k,u} x_{\beta ku}^{(ivj)} + x_{ivj}^{(sp)} = M_{pmp_{ivj}} \quad (25)$$

– по обеспеченности эвакуацией ремонта техники на местах использования сервисных и ремонтных мастерских

$$\sum_{\beta,u} x_{\beta u}^{(ivjk)} \leq x_{ivjk}^{(\epsilon u)} \quad (26)$$

– по обеспеченности ремонтным фондом ремонта в мастерской и на месте поломок техники

$$\sum_{\beta} x_{\beta}^{[ivj(k=\nu)u]} \leq M_{pmp_{ivj}} - \sum_{k \neq \nu} x_k^{(\epsilon u_{ivj})} \quad (27)$$

– по обеспеченности ремонта техники запасными частями и агрегатами

$$\sum_{v,\beta,k,u} \left[g_{\beta}^{(ij)} \cdot x_{v\beta ku}^{(ij)} \right] \leq G_{ij} \quad (28)$$

– по фонду рабочего времени средств эвакуации

$$\sum_{i,v,j,k} \left[t_{vk} \cdot x_{ivjk}^{(\epsilon u)} \right] + \phi_{\epsilon}^{(n)} = \Phi_{\epsilon} \cdot y_{\epsilon} \quad (29)$$

– по фонду рабочего времени работников сервисных и ремонтных мастерских

$$\sum_{i,j,\beta} \left[q_{ij\beta} \cdot x_{ij\beta}^{(op_{iu})} \right] + \phi_{uk}^{(n)} = \Phi_{uk} \cdot z_{uk} \quad (30)$$

– по наличию средств эвакуации техники

$$y_{\epsilon} + y_{\epsilon}^{(n)} = N_{\epsilon} \quad (31)$$

– по наличию сервисных и ремонтных мастерских

$$\sum_k z_k^{(u)} + z_u^{(n)} = N_u \quad (32)$$

– по условию целочисленности и диапазонам изменения целочисленных переменных

$$0 \leq \{y_{\epsilon}, y_{\epsilon}^{(n)}\} \leq N_{\epsilon}; 0 \leq \{z_{uk}, z_u^{(n)}\} \leq N_u; 0 \leq \{$$

$$x_{ivj\beta ku}^{(op)}, x_{ivj}^{(sp)}\} \leq M_{pmp_{ivj}};$$

$$0 \leq \{x_{ivjk}^{(\epsilon u)}, x_{ivj}^{(\epsilon n)}\} \leq M_{\epsilon mp_{ivj}} - \text{целые числа}; \quad (33)$$

– по условию неотрицательности остальных переменных

$$0 \leq \{\phi_{\epsilon}^{(n)}, \phi_{uk}^{(n)}\}; \quad (34)$$

– по диапазонам изменения признаков

$$i = \overline{1, 2, 3}; \nu = \overline{1, N}; j = \overline{1, 2}; \beta = \overline{1, 2};$$

$$u = \overline{1, 2, 3}; k = \overline{1, K} \quad (35)$$

По целесообразности эвакуации и возможностям ремонта техники – не могут превышать потребности в эвакуации и ремонте техники.

По обеспеченности эвакуацией ремонта техники в сервисных ремонтных мастерских на местах их стационарного использования – искомое количество ремонтов не может превышать искомого количества эвакуаций.

По обеспеченности ремонтным фондом ремонта в сервисных и ремонтных мастерских, используемых в качестве выездных бригад на местах поломок техники, – искомое количество ремонтов не может превышать потребность в ремонтах на этих местах за минусом искомого количества эвакуаций отсюда.

По обеспеченности запасными частями и агрегатам – расход запасных частей (агрегатов) на ремонт техники не может превышать их наличия.

По фонду рабочего времени средств эвакуации – затраты рабочего времени на искомое количество эвакуаций в сумме с искомым резервом фонда рабочего времени средств эвакуации составляют равенство с фондом рабочего времени искомого количества средств эвакуации и ремонта.

По фонду рабочего времени сервисных и ремонтных мастерских – трудозатраты на выполнение искомого количества ремонтов сервисными и ремонтными мастерскими в сумме с искомым резервом фонда их рабочего времени составляют равенство с фондом рабочего времени работников искомого количества сервис-

ных и ремонтных мастерских.

По наличию средств эвакуации и ремонта техники – искомая потребность в них в сумме с искомым их резервом составляют равенство с их наличием.

По диапазонам изменения и условию целочисленности искомых значений потребности в средствах эвакуации и ремонта, количества эвакуаций и ремонтов, которые целесообразно и возможно выполнить, – могут принимать только целочисленные значения в диапазонах от нуля до наличного количества средств эвакуации и ремонта, от нуля до потребностей в эвакуации и ремонте включительно.

По условию неотрицательности остальных искомых переменных – могут принимать любые значения, за исключением отрицательных чисел.

По диапазонам изменения признаков – могут изменяться в диапазонах от единицы до максимальных возможных значений с приращением на единицу.

Таким образом приведенная математическая модель представляет собой формализованное описание – аналитическую модель процесса восстановления работоспособности отечественной и зарубежной техники на основе логистики сервиса «Ассистанс». Для решения задачи планирования в каждой конкретной ситуации работы организаций сервиса «Ассистанс» на основании этой модели составляется соответствующая симплекс-матрица числовой модели процесса [1,2]. Расчётные обоснования с использованием симплекс-матрицы числовой модели выполняются в ходе планирования процесса для каждой сервисной и ремонтной мастерской, каждой организации сервиса «Ассистанс», включая органы управления.

В результате расчётных обоснований определяется множество значений

$$\begin{aligned} \{x_{ivjk}^{(э)} = M_{эivjk}, M_{эivj}^{(н)} = M_{эmpivj} - \sum_k M_k^{(эivj)}, \\ x_{ivj\beta ku}^{(op)} = M_{opivj\beta ku}, \\ M_{opivj}^{(н)} = M_{pmpivj} - \sum_{\beta, k, u} M_{\beta ku}^{(opivj)}, y_3 = N_3^{(mp)}, \\ y_3^{(н)} = N_3^{(p)}, z_{uk} = N_{uk}^{(mp)}, z_u^{(н)} = N_u^{(p)}, Q = \\ \sum_{i, v, j, k} \left(q_{vk} \cdot M_{ivjk}^{(э)} \right) + \sum_{i, v, j, \beta, k, u} \left(q_{ij\beta} \cdot M_{ivj\beta ku}^{(op)} \right) \end{aligned} \quad (36)$$

Итоговые результаты расчётных обоснований суммируются по типам техники, видам ремонта, способам его выполнения, ремонтным

и сервисным мастерским, местам их использования, объектам работ (местам поломок техники) для каждой сервисной и ремонтной мастерской, каждой организации сервиса Ассистанс, включая органы управления. В случаях, когда потребность в ремонтах техники значительно превышает возможности ремонтного органа, то решение задачи с использованием приведённой модели процесса на соответствующем этапе планирования невозможно. Об этом оператор получит программное сообщение «Поиск не может найти подходящее решение». В таком случае решение задачи с теми же ограничениями предлагается находить по целевой функции

$$M_{э} \{x\} = \sum_{i, v, j, \beta, k, u} x_{ivj\beta ku} \rightarrow M_{\max}^{(op)}, \quad (37)$$

где $M_{\max}^{(op)}$ – максимальное количество неработоспособной техники, которое может быть отремонтировано, ед.

Применение полученной математической модели в ходе планирования позволяет определять рациональные варианты применения имеющихся сервисных, ремонтных и эвакуационных средств организации «Ассистанс» с учетом потребности в ремонте различных видов отечественной и зарубежной техники по местам, видам и объемам их ремонта, используемых различных вариантов сервисных и ремонтных мастерских, а также путем эффективного сочетания эвакуации и ремонта обеспечит наименьшие потери времени на простой, перемещение, свертывание и развертывание и, как следствие, максимальную реализацию их производственной возможности.

Литература

1. Шелест В. Д., Житомирский М. С. Начала вычислительной математики. Введение в численный эксперимент. Изд. СПб ГПУ, 2005. – 202 с.
2. Лазарев Ю.Г., Тенденции развития сервиса Ассистанс на автомобильных дорогах северо- западного региона/ Лазарев Ю.Г., Григорьева Ю.А. //Технико - технологические проблемы сервиса. –СПб. 2014. № 2 (28). с. 87-90.
3. Комаров А.В. Теория комплексной эксплуатации видов транспорта // Транспорт: наука, техника, управление. – 1995. – №11. – с. 47-48.
4. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года: Мин. транспорта РФ. М.:2012. - 327 с.
5. Ермошин Н.А. Оптимизационно- имитационный подход к формированию транспортно-логистических систем / Н.А. Ермошин // Логистика: Современные тенденции развития //Материалы XXII Международной научно-практической конференции. - СПб. СПбГЭУ, 2013. - с.151-154.



МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОГНОЗИРУЕМЫХ СРОКОВ ОКУПАЕМОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО УТЕПЛЕНИЮ ЗДАНИЙ

А.А. Романова¹, П.П. Рымкевич², А.С. Горшков³

¹Санкт-Петербургский государственный экономический университет (СПбГЭУ),
191023, г. Санкт-Петербург, ул. Садовая, 21;

²ФГКВОУ ВПО «Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского»
197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13;

³Санкт-петербургский государственный политехнический университет (СПбГПУ),
195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая 29

Приведен пример расчета окупаемости дополнительного утепления наружных стен зданий минераловатным утеплителем с учетом роста тарифов на тепловую энергию для жилого многоквартирного панельного здания в климатических условиях Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: энергоэффективность; теплоизоляция; реновация фасадов; срок окупаемости инвестиций; энергосбережение.

CALCULATING METHODS FOR THE PROJECTED PAYBACK OF ENERGY-SAVING MEASURES FOR BUILDINGS INSULATION

A.A. Romanova, P.P. Rymkevich, A.S. Gorshkov
Saint-Petersburg state economic University (SPbSU),
191023, , St. Petersburg, street Sadovaya., 21;
Military space Academy. A. F. Mozhayskiy
197198, Saint-Petersburg, street Zhdanov, 13;
Sankt-Petersburg state Polytechnical University (SPbSPU),
195251, St.-Petersburg, street Polytechnic 29

The example of payback calculation of additional warming of external walls of buildings by a mineral-cotton heater taking into account the growth of thermal energy tariffs for the multiroom panel building in climatic conditions of St. Petersburg is given

Keywords: energy efficiency; thermal insulation; renovation of facades; payback; energy saving

Введение

Обеспечение энергетической эффективности проектируемых зданий является важной государственной задачей, основные положения которой отражены в федеральном законодательстве, постановлениях Правительства и приказах профильных Министерств [1, 2]. Однако вопросы, связанные с необходимостью повы-

шения энергетической эффективности уместны не только для проектируемых зданий, но и для существующих. Суммарный объем зданий, построенных по новым теплозащитным нормативам, действующим с 2000 года, составляет не более 5 % от объема всего жилого фонда в Российской Федерации.

¹Романова Алла Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры "Прикладная физика" СПбГЭУ, тел.+7 911 211 34 26, e-mail: rotallaa@yandex.ru;

²Рымкевич Павел Павлович – кандидат физико-математических наук, профессор кафедры физики ВКА им.А.Ф.Можайского, тел.+7 911 224 59 13, e-mail: prymkevich@gmail.com;

³Горшков Александр Сергеевич – кандидат технических наук, директор научно-учебного центра «Мониторинг и реабилитация природных систем» СПбПУ (Политех), тел.+79213884315, e-mail: alsgor@yandex.ru.

По этой причине в ближайшие годы наиболее актуальной станет проблема уменьшения потребления тепловой энергии в зданиях, построенных до 2000 года. В настоящее время в стране реализуется государственная программа проведения капитальных ремонтов в существующих зданиях. Важно, чтобы эта программа коррелировала с программой энергосбережения. При этом не следует игнорировать экономическую составляющую инвестиционных проектов при реализации данной программы. Энергосберегающие мероприятия должны не только приводить к уменьшению объемов потребляемой зданиями энергии, но и быть окупаемыми.

Актуальность исследования

Одним из способов снижения потерь тепловой энергии на отопление является дополнительное утепление наружных ограждающих конструкций (стен, покрытий, чердачных перекрытий, наружных дверей и пр.). Повышение уровня теплоизоляции ограждающих конструкций приводит к уменьшению так называемых трансмиссионных потерь тепловой энергии [3]. Чем меньше потери тепла в здании, тем меньшее количество тепловой энергии требуется подвести к зданию от источника теплоснабжения для компенсации трансмиссионных потерь тепловой энергии в нем (при обеспечении нормативных показателей микроклимата). Таким образом, утепление приводит к уменьшению потребляемой в здании энергии и, следовательно, к сокращению платежей за отопление [3]. На этом принципе основан экономический эффект, достигаемый при внедрении данного энергосберегающего мероприятия. Однако его реализация потребует дополнительных капитальных вложений. Экономическую эффективность внедряемого на объекте мероприятия можно характеризовать сроком его окупаемости. В том случае, если период окупаемости окажется меньше предполагаемого срока службы или эксплуатации внедряемого технического решения [4-7], его следует признать еще и экономически целесообразным, т.е. энергоэффективным.

При рассмотрении вопроса утепления существующих зданий, следует отметить тот факт, что здания, построенные по нормативам, действовавшим до введения в действие Федерального Закона РФ «Об энергосбережении...» (ФЗ № 261 от 23 ноября 2009 года), морально (но не физически) устарели. Устарели в части, обусловленной недостаточным уровнем тепловой защиты наружных ограждающих конструкций. С введением программы энергосбереже-

ния повысились, в том числе, нормативные требования к уровню тепловой защиты зданий. По этой причине существующие здания не соответствуют новым нормативным требованиям. И единственной возможностью, способной привести их в соответствие с новыми нормативными требованиями, является утепление существующих зданий до современного или еще более высокого уровня по теплоизоляции.

Более подробно методика расчета окупаемости инвестиций в энергосберегающие мероприятия представлена в работах [8, 9]. Методика оценки эффективности уровня теплозащиты наружных ограждающих конструкций, основанная на расчете чистого дисконтированного дохода (ЧДД), полученного в результате внедрения заданного энергосберегающего мероприятия, представлена в работе [10]. Расчетный метод оценки экономической эффективности энергосберегающих светопрозрачных конструкций представлен в стандарте СТО СПП 4.5-2012 [11].

В рамках данного исследования рассмотрена методика расчета срока окупаемости инвестиций, направленных на утепление фасадов существующего здания.

Модель расчета

Для расчета сроков окупаемости инвестиций, направленных на дополнительное утепление фасадов существующего многоквартирного жилого здания, использован метод приведенных затрат. Для простой окупаемости инвестиций известно следующее основное уравнение [12, 13]

$$T = \frac{K_2}{\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2} = \frac{\Delta K}{\Delta \mathcal{E}}, \quad (1)$$

где: ΔK – разность капитальных затрат на реновацию фасадов, приведенных к 1 м^2 наружной стены, руб/м² ($\Delta K = K_2$, т.к. $K_1=0$); \mathcal{E}_1 – эксплуатационные затраты, учитывающие потери тепловой энергии через 1 м^2 наружной стены за один отопительный сезон до проведения утепления, руб/м²·год; \mathcal{E}_2 – эксплуатационные затраты, учитывающие потери тепловой энергии через 1 м^2 наружной стены за один отопительный сезон после утепления стен, руб/м²·год; $\Delta \mathcal{E}$ – разность потерь тепловой энергии через 1 м^2 наружной стены до проведения мероприятий по утеплению фасадов существующего здания (\mathcal{E}_1) и после утепления (\mathcal{E}_2).

В формуле (1) годовая экономия денежных средств $\Delta \mathcal{E}$, руб/м², достигаемая в результате проведения работ по реновации фасадов существующего здания и уменьшения тем самым трансмиссионных потерь тепловой

энергии, определяется следующим образом [14]:

$$\Delta \mathcal{E} = (U_1 - U_2) \cdot \frac{0,024 \cdot \text{ГСОП}}{1163} \cdot c_T, \quad (2)$$

где: U_1 – коэффициент теплопередачи (*U-value*) наружных стен существующего здания до проведения работ по реновации (утеплению) фасадов, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; U_2 – коэффициент теплопередачи (*U-value*) наружных стен существующего здания после проведения работ по реновации (утеплению) фасадов, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, $^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$; 0,024, 1163 – переводные коэффициенты; c_T – стоимость тепловой энергии на отопление в данном населенном пункте, руб/Гкал.

Отметим, что срок окупаемости, рассчитанный по формуле (1), получен без учета:

- роста тарифов на тепловую энергию;
- процентов по кредиту (в случае использования заемных средств на проведение мероприятий по утеплению наружных стен здания);
- дисконтирования будущих денежных поступлений, достигнутых в результате реализации рассматриваемого энергосберегающего мероприятия и уменьшения потерь тепловой энергии на отопление.

По этой причине, рассчитанное по формуле (1) значение прогнозируемого срока окупаемости инвестиций можно рассматривать только как оценочное.

Если строительная компания или физическое лицо для выполнения работ по утеплению фасадов, использует собственные (не заемные) средства, то капитальные затраты ΔK будут равны сметной стоимости работ. В случае, если для выполнения работ исполнителем используются заемные средства (предоставленный банком кредит), при аннуитетных ежемесячных платежах суммарные инвестиции в энергосбережение $\Delta \tilde{K}$ следует определять по формуле:

$$\Delta \tilde{K} = m \cdot A \cdot \Delta K, \quad (3)$$

где: m – число периодов погашения кредита (например, если кредит взят на 1 год: $m=12$, если на 2 года: $m=24$ и т.д.); A – коэффициент аннуитета; ΔK – собственные средства исполнителя работ (инвестиции без учета платежей по кредиту).

Коэффициент аннуитета A рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{p_{кр} \cdot (1 + p_{кр})^m}{(1 + p_{кр})^m - 1}, \quad (4)$$

где: $p_{кр}$ – месячная процентная ставка банка по кредиту, выраженная в сотых долях в расчете

на периодичность платежей (например, для случая 12 % годовых и ежемесячных платежах: $p_{кр}=0,12/12=0,01$); m – то же, что и в формуле (3).

Из анализа формул (1) и (2), в частности, следует, что при заданном реализованном проекте утепления фасадов ($\Delta U=U_1-U_2$) в заданном климатическом районе (ГСОП), скорость возврата вложенных средств зависит только от стоимости тепловой энергии на отопление c_T и динамики ее изменения со временем (роста тарифов на тепловую энергию).

Тарифы на тепловую энергию ежегодно возрастают. Это означает, что с каждым последующим годом (отопительным периодом), годовая экономия денежных средств $\Delta \mathcal{E}_i$ будет увеличиваться.

При рассмотрении данной модели следует также учитывать, что сэкономленные в последующие годы денежные средства должны быть рассчитаны исходя из фактической стоимости денег через n лет, т.е. будущие денежные потоки должны быть дисконтированы.

С учетом выше обозначенных факторов, прогнозируемый срок окупаемости инвестиций в дополнительное утепление фасадов определяется выражением [12, 15]:

$$T = \frac{\ln \left[1 + \frac{\Delta \tilde{K}}{\Delta \mathcal{E}} \cdot \frac{(r-i)}{(1+i)} \right]}{\ln \left[\frac{1+r}{1+i} \right]}, \quad (5)$$

где: $\Delta \tilde{K}$ – то же, что в формуле (3), руб/м²; $\Delta \mathcal{E}$ – то же, что в формуле (2), руб/м²; r – средний ежегодный рост стоимости тарифов на тепловую энергию; i – процентная ставка.

Уравнение (5) позволяет вычислить период окупаемости T рассматриваемого энергосберегающего мероприятия с учетом суммарных капитальных затрат на его реализацию $\Delta \tilde{K}$, платежей по кредиту ($p_{кр}$), роста стоимости тарифов на тепловую энергию (r), дисконтирования будущих денежных потоков (i), достигаемых за счет экономии средств в результате внедрения данного энергосберегающего мероприятия.

Отметим, что уравнение (5) позволяет вычислить период окупаемости любого энергосберегающего мероприятия или технического решения, в том числе, инженерного. Важно лишь правильно оценить его энергосберегающий потенциал $\Delta \mathcal{E}$ и капитальные затраты на его реализацию $\Delta \tilde{K}$.

Мерой дисконтирования будущих денежных потоков можно выбрать средний уровень инфляции за определенный промежуток времени (например, за 5 или 10 последних лет), ставку рефинансирования Центрального Банка, доходность альтернативных вложений (например, депозит), прочие факторы, влияющие на величину будущих денежных потоков.

Следует отметить, что в уравнение (5) входит несколько переменных со временем параметров, в частности динамика роста тарифов на тепловую энергию (выраженная через параметр r) и процентная ставка (i), по которой оценивается дисконтирование будущих денежных потоков, накапливаемых в результате внедрения заданного энергосберегающего мероприятия. В настоящее время невозможно определенно знать, как эти переменные параметры будут меняться с течением времени в будущем. Поэтому для решения задачи оценки прогнозируемого срока окупаемости вложенных в энергосбережение инвестиций, можно лишь построить несколько возможных (вероятных) сценариев изменения переменных величин, входящих в уравнение (5), и выбрать из перечня полученных данных наиболее вероятный сценарий.

Пример расчета

Рассмотрим вариант утепления наружных стен здания, построенного в Санкт-Петербурге до 2000 года. Примем, что сопротивление теплопередаче наружных стен соответствует требованиям, принимаемым к ограждающим конструкциям до 2000 года, и составляет $R_0^{ucx} = 1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Примечание: фактическое сопротивление теплопередаче наружной стены существующего здания возможно определить в результате проведения натуральных измерений по ГОСТ 26254 «Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций».

При $R_0^{ucx} = 1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, получим, что U_1 (см. формулу (2)) равно $1,0 \text{ Вт}/(\text{ м}^2 \cdot \text{°C})$. Количество градусо-суток отопительного периода в Санкт-Петербурге показано в таблице 1 и составляет $4796 \text{ °C} \cdot \text{сут}$. Отопление в здании – централизованное (от городской ТЭЦ). Стоимость тепловой энергии $c_T = 1408,01 \text{ руб}/\text{Гкал}$ с учетом НДС (см. Распоряжение Комитета по тарифам Санкт-Петербурга от 18.12.2013 г. № 527-р).

Требуется утеплить наружные стены существующего здания до соответствия их современным требованиям к уровню тепловой

защиты (согласно СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий») и рассчитать срок окупаемости мероприятий по дополнительному утеплению. В качестве утеплителя примем изделия минераловатные, предназначенные для проведения фасадных работ, с тонким штукатурным слоем по слою утеплителя.

Таблица 1 – Расчетные климатические условия для жилых зданий, расположенных в г. Санкт-Петербурге

Показатель	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
Расчетная температура наружного воздуха	t_n	°C	26
Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{от}$	°C	1,8
Продолжительность отопительного периода	$z_{от}$	сут/год	20
Градусо-сутки отопительного периода	ГСОП	°C·сут/год	796
Расчетная температура внутреннего воздуха	t_b	°C	0

Рассчитаем требуемую толщину утеплителя δ_{mp} , м. Для этого воспользуемся следующей формулой [9]:

$$\delta_{mp} = (R_0^{mp} - R_0^{ucx}) \cdot \frac{\lambda_{ym}}{r_{m.o.}}, \quad (6)$$

где: R_0^{mp} – требуемое (нормируемое) значение сопротивления теплопередаче наружных стен здания, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; R_0^{ucx} – исходное (фактическое) значение сопротивления теплопередаче наружных стен зданий до проведения мероприятий по их дополнительному утеплению, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; λ_{ym} – теплопроводность утеплителя, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$; принимается для условий эксплуатации Б (λ_B); $r_{m.o.}$ – коэффициент теплотехнической однородности дополнительного слоя утеплителя.

Примем для минераловатного утеплителя коэффициент теплопроводности в условиях эксплуатации Б (λ_B) равным $0,045$

$Вт/(м \cdot ^\circ C)$, а коэффициент теплотехнической однородности $r_{m.o.}$ равным 0,8.

Требуемое (нормируемое) сопротивление теплопередаче для наружных стен жилых зданий применительно к климатическим условиям Санкт-Петербурга ($GCOП=4796 \text{ } ^\circ C \cdot \text{сут}$) $R_0^{mp}=3,08 \text{ м}^2 \cdot ^\circ C/Вт$. Значению сопротивления теплопередаче $3,08 \text{ м}^2 \cdot ^\circ C/Вт$ соответствует коэффициент теплопередачи $U_2=0,325 \text{ Вт}/(м^2 \cdot ^\circ C)$. С учетом того, что фактическое сопротивление теплопередаче неутепленного здания принято равным $1,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ C/Вт$, требуемое значение толщины слоя теплоизоляции δ_{mp} , составит:

$$\delta_{mp} = (R_0^{mp} - R_0^{ucx}) \cdot \frac{\lambda_{yt}}{r_{m.o.}} =$$

$$= (3,08 - 1,0) \cdot \frac{0,045}{0,8} = 0,117 \text{ (м)}.$$

Соответственно, для дальнейших расчетов примем, что требуемая толщина минераловатного утеплителя составляет 120 мм (рис. 1).

Капитальные затраты на дополнительное утепление наружной стены существующего здания толщиной утеплителя 120 мм с последующим нанесением тонкого штукатурного покрытия ΔK примем равными $1950 \text{ руб}/\text{м}^2$, из которых:

- $300 \text{ руб}/\text{м}^2$ составляет стоимость сухих смесей;
- $550 \text{ руб}/\text{м}^2$ – стоимость теплоизоляции (при проектной цене минераловатного утеплителя $4560 \text{ руб}/\text{м}^3$);
- $60 \text{ руб}/\text{м}^2$ – стоимость тарельчатых дюбелей;
- $40 \text{ руб}/\text{м}^2$ – стоимость профилей;
- $1000 \text{ руб}/\text{м}^2$ – стоимость полного цикла строительно-монтажных работ (подготовка поверхности, установка утеплителя, его закрепление к основанию, проведение штукатурных работ).

Как видно из представленной структуры капитальных вложений на дополнительное утепление стен существующего здания, стоимость непосредственно теплоизоляции ($550 \text{ руб}/\text{м}^2$) составляет не более 30 % от общей стоимости работ ($1950 \text{ руб}/\text{м}^2$).

Примем, что для финансирования работ по утеплению существующего здания строительная компания взяла кредит под 14,5 % годовых на 3 года ($m=36$).

В этом случае коэффициент аннуитета составит:

$$A = \frac{p_{кр} \cdot (1 + p_{кр})^m}{(1 + p_{кр})^m - 1} = \dots$$

$$\dots = \frac{0,012 \cdot (1 + 0,012)^{36}}{(1 + 0,012)^{36} - 1} = 0,034.$$

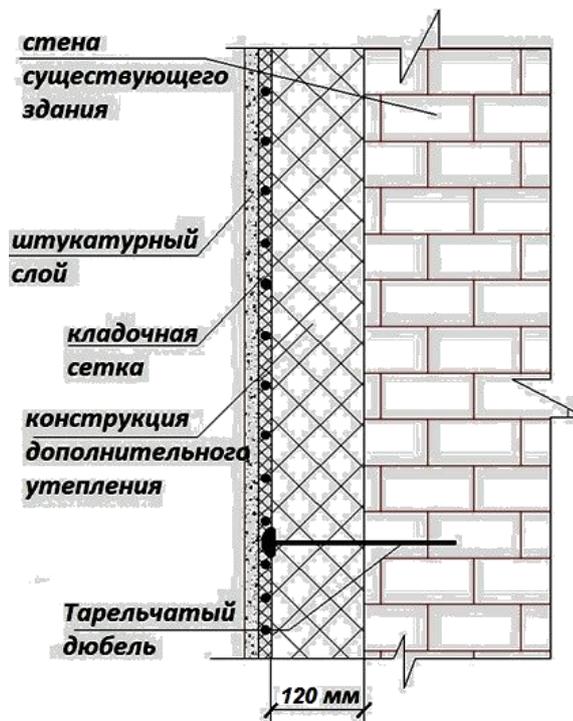


Рисунок 1 – Схематичное изображение конструкции наружной стены существующего жилого многоквартирного здания

Тогда суммарные инвестиции $\Delta \tilde{K}$ на реализацию энергосберегающего проекта с учетом платежей по кредиту составят (при аннуитетных ежемесячных платежах):

$$\Delta \tilde{K} = m \cdot A \cdot \Delta K = 36 \cdot 0,034 \cdot 1950$$

$$= 2386,8 \text{ (руб}/\text{м}^2 \text{)}.$$

Рассчитаем по формуле (2) величину уменьшения эксплуатационных затрат за первый отопительный период в результате внедрения энергосберегающих мероприятий:

$$\Delta \mathcal{E} = (U_1 - U_2) \cdot \frac{0,024 \cdot GCOП}{1163} \cdot c_T =$$

$$= (1 - 0,325) \cdot \frac{0,024 \cdot 4796}{1163} \cdot 1408,01 = 94,1 \text{ (руб}/\text{м}^2 \text{)}.$$

Динамика роста тарифов на тепловую энергию в Санкт-Петербурге представлена в таблице 2.

Из данных, представленных в таблице 2, следует, что за рассматриваемый период времени (с 2006 по 2011 г.г.) средняя величина относительного роста тарифов на тепловую энергию в год Δc_T составила 16 %. Т.о. сред-

негодовой рост тарифов на тепловую энергию r примем равным 0,16.

Дисконтирование будущих денежных потоков (i) произведем по ключевой ставке ЦБ РФ (9,5 %), т.е параметр i при расчете срока окупаемости инвестиций примем равным 0,0825.

На основании полученных исходных данных произведем расчет времени окупаемости инвестиций в утепление фасадов существующего здания. Получим:

$$T = \frac{\ln \left[1 + \frac{\Delta \tilde{K} \cdot (r - i)}{\Delta \mathcal{E} \cdot (1 + i)} \right]}{\ln \left[\frac{1 + r}{1 + i} \right]} = \frac{\ln \left[1 + \frac{2386,8 \cdot (0,16 - 0,095)}{94,1 \cdot (1 + 0,095)} \right]}{\ln \left[\frac{1 + 0,16}{1 + 0,095} \right]} = 16,0(\text{лет})$$

Таблица 2 – Динамика роста тарифов на тепловую энергию в Санкт-Петербурге с 2006 по 2011 годы при централизованном теплоснабжении

Год	Величина тарифа, руб/Гкал (вкл. НДС)	Основание
2006	500,40	Распоряжение Региональной энергетической комиссии Правительства Санкт-Петербурга от 16 ноября 2005 г. N 100-р
2007	575,46	Распоряжение Комитета по тарифам Правительства Санкт-Петербурга от 15 ноября 2006 г. N 123-р
2008	650,00	Распоряжение Комитета по тарифам Правительства Санкт-Петербурга от 31 октября 2007 г. N 139-р
2009	795,73	Распоряжение Комитета по тарифам Правительства Санкт-Петербурга от 19 ноября 2008 г. N 141-р
2010	931,00	Распоряжение Комитета по тарифам Правительства Санкт-Петербурга от 14 декабря 2009 г. N 199-р
2011	1050,00	Распоряжение Комитета по тарифам Правительства Санкт-Петербурга от 13 декабря 2010 г. N 334-р

В случае, если строительная компания будет использовать собственные средства (не заемные) на проведение работ по реновации

фасадов с последующим их утеплением, срок окупаемости инвестиций составит:

$$T = \frac{\ln \left[1 + \frac{\Delta K \cdot (r - i)}{\Delta \mathcal{E} \cdot (1 + i)} \right]}{\ln \left[\frac{1 + r}{1 + i} \right]} = \frac{\ln \left[1 + \frac{1950 \cdot (0,16 - 0,095)}{94,1 \cdot (1 + 0,095)} \right]}{\ln \left[\frac{1 + 0,16}{1 + 0,095} \right]} = 13,9(\text{лет}).$$

Таким образом, при сложившейся экономической и тарифной ситуации в России окупаемость инвестиций в утепление фасадов существующих зданий применительно для климатических условий Санкт-Петербурга составит не более 16 лет.

Примечание. Представленные выше расчеты и выводы справедливы при проведении работ по реновации (утеплению) фасадов и при одновременной установке АИТП (авторегулирования параметров теплоносителя) на вводе в здание. В противном случае утепление фасадов может привести лишь к повышению температуры внутреннего воздуха в эксплуатируемых помещениях и не обеспечению заявленного энергосберегающего эффекта (фактическое снижение эксплуатационных расходов $\Delta \mathcal{E}$ может оказаться меньше расчетных значений).

Факторами, положительно влияющими на уменьшение срока окупаемости инвестиций в реновацию фасадов, являются:

- опережение роста тарифов на тепловую энергию (r);
- уменьшение процентных ставок банка по кредиту ($p_{кр}$);
- снижение инфляции или рисков (i);
- увеличения параметра $\Delta \mathcal{E}$, отражающего разность потерь тепловой энергии через 1 м² наружной стены до проведения мероприятий по утеплению фасадов существующего здания и после утепления (увеличение $\Delta \mathcal{E}$ может быть достигнуто только за счет увеличения толщины слоя теплоизоляции, что автоматически приведет к увеличению капитальных затрат $\Delta \tilde{K}$ и неизвестно, какой из этих параметров будет увеличиваться быстрее);
- уменьшение стоимости капитальных затрат на утепление $\Delta \tilde{K}$ (что впрочем, может

привести к ухудшению качества строительно-монтажных работ).

Поэтому реальными объективными факторами, влияющим на сокращение прогнозируемого срока возврата инвестиций по формуле (5), являются разница ($r-i$) между ежегодным относительным ростом тарифов и коэффициентом, отражающим дисконтирование будущих денежных потоков (инфляция, риски, альтернативные вложения и пр.), а также уменьшение процентных ставок банка по кредиту ($p_{кр}$) в случае использования компанией для реализации данного энергосберегающего мероприятия заемных средств.

Именно по этой причине в ряде стран ЕС приняты субсидии, направленные на энергетическую реконструкцию зданий. В Германии действует государственная программа «Энергетическая реконструкция», согласно которой принят целый пакет мер по реконструкции, целью которых является достижение уровня энергосбережения Effizienzhaus 100 и Effizienzhaus 85 [16]. Германская государственная группа банков KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) выделяет на энергетическую реконструкцию зданий выгодные кредиты и субсидии, уменьшая тем самым срок возврата инвестиций, как это следует из анализа уравнения (5) и примера расчета, представленного выше.

Литература

1. Аверьянов В.К., Байкова С.А., Горшков А.С., Гришкевич А.В., Кочнев А.П., Леонтьев Д.Н., Мележик А.А., Михайлов А.Г., Рымкевич П.П., Тютюников А.И. Региональная концепция обеспечения энергетической эффективности жилых и общественных зданий // Жилищное строительство. 2012. № 3. С. 2-4.
2. Горшков А.С., Байкова С.А., Крянев А.С. Нормативное и законодательное обеспечение государственной программы об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и пример ее реализации на региональном уровне // Инженерные системы. АВОК–Северо-Запад. 2012. № 3. С. 24.
3. Ватин Н.И., Немова Д.В., Рымкевич П.П., Горшков А.С. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 8 (34). С. 4-14.
4. Горшков А.С. Оценка долговечности стеновой конструкции на основании лабораторных и натуральных испытаний // Строительные материалы. 2009. № 8. С. 12-17.
5. Горшков А.С., Попов Д.Ю., Глузов А.В. Конструктивное исполнение вентилируемого фасада повышенной надежности // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 8. С. 5-8.
6. Горшков А.С., Кнатько М.В., Рымкевич П.П. Лабораторные и натурные исследования долговечности (эксплуатационного срока службы) стеновой конструкции из автоклавного газобетона с лицевым слоем из силикатного кирпича // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 8. С. 20-26.
7. Горшков А.С., Рымкевич П.П., Пестряков И.И., Кнатько М.В. Прогнозирование эксплуатационного срока службы стеновой конструкции из газобетона с облицовочным слоем из силикатного кирпича // Строительные материалы. 2010. № 9. С. 49-53.
8. Дмитриев А.Н., Табунщиков Ю.А., Ковалев И.Н., Шилкин Н.В. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия. М.: АВОК-ПРЕСС, 2005. 120 с.
9. Табунщиков Ю.А., Шилкин Н.В. Оценка экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия // АВОК. 2005. №7. С.10-21.
10. Васильев Г.П. Эффективная теплозащита – дань моде или экономическая необходимость? // Энергосбережение. 2011. №6. С. 14-23.
11. СТО СППП 4.5-2012 Расчетный метод оценки экономической эффективности энергосберегающих светопрозрачных конструкций.
12. Горшков А.С. Об окупаемости инвестиций на утепление фасадов существующих зданий // Энергосбережение. 2014. № 4. С. 12-19.
13. Горшков А.С., Рымкевич П.П. Методика и пример расчета окупаемости инвестиций при реализации энергосберегающих мероприятий в строительстве // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2014. № 9 (188). С. 40-45.
14. Горшков А.С. Инженерные системы. Руководство по проектированию, строительству и реконструкции зданий с низким потреблением энергии / А.С. Горшков. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 162 с.
15. Горшков А.С., Рымкевич П.П., Немова Д.В., Ватин Н.И. Экономическая эффективность инвестиций в энергосбережение // Инженерные системы. АВОК - Северо-Запад. 2014. №3. С. 32-36.
16. Габриэль И. Реконструкция зданий по стандартам энергоэффективного дома: Пер. с нем. / И. Габриэль, Х. Ладнер. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 480 с.

ЭКОНОМИЧНЫЙ ОБОГРЕВ ПОМЕЩЕНИЯ КАК ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

С.Ю. Мирская¹, В.И. Сидельников²

*Южный Федеральный университет (ЮФУ),
344006, Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105*

В статье на основе принципа максимума Понтрягина исследуются принципы оптимального нагрева помещения. В статье приведена методика расчетов оптимального управления переходными режимами при «натопе» помещения. Все математические модели проиллюстрированы примерами.

Ключевые слова: эффективное управление, энергоэффективность, задача оптимального управления, экономичный обогрев помещения

EFFICIENT HEATING OF THE ROOM AS THE OPTIMAL CONTROL PROBLEM

S.Yu. Mirskaya, V.I. Sidelnikov

Southern Federal University (SFU), 344006, Rostov-on-Don, Bolshaya Sadovaya street, 105

The article is based on the Pontryagin maximum principle, we examine the principles of optimal heating of the premises. In the article the method of calculation of optimal control of transition when nethope premises. All mathematical models are illustrated by examples.

Keywords: good governance, energy efficiency, optimal control problem, cost-efficient space heating

Проблемы управления режимами теплоснабжения и их оптимизации (соблюдения нормативных режимов, экономии затрат и т.п.) играют важную роль в настоящее время и, видимо, будут играть еще большую роль в будущем. По мнению виднейшего современного футуролога Артура Кларка, в будущем все расчеты должны будут измеряться единицами затрат тепловой энергии (*кВтч*), то есть тепло станет единой «мировой валютой»!

Естественно, все мало-мальски обоснованные рекомендации по режимам теплоснабжения должны основываться на математических моделях рассматриваемых процессов. К сожалению, сейчас наблюдается огромный разрыв между практически применяемыми простейшими инженерными и статистическими моделями описания (и анализа) тепловых процессов и высоко научными (но мало применимыми на практике) моделями тепловых полей, требующих использования сложных уравнений математической физики. Этот разрыв в какой-то степени заполняет предлагаемая статья.

Производство тепловой энергии для теплоснабжения производственных, администра-

тивных и жилых зданий обеспечивается от ТЭЦ, районных или местных котельных. Во всех отмеченных случаях возникает задача оптимизации затрат на транспортировку тепловой энергии. В данной статье приводятся некоторые примеры математического моделирования процесса транспортировки тепловой энергии по теплотрассам прямой и обратной подачи на основе разработанных в [1] моделей.

Система теплоснабжения представляет собой сложную систему с многообразием составляющих ее элементов, в которых протекают различные по физической сущности процессы поглощения, превращения и переноса теплоты. Рассмотрим систему теплоснабжения зданий как множество объектов с набором связей и свойств между ними. Принципиальной особенностью этой системы является то, что система теплоснабжения зданий представляет собой не простое суммирование объектов системы, а особое их соединение, придающее всей системе в целом новые качества, отсутствующие у каждого из ее элементов [1].

¹Мирская Светлана Юрьевна – кандидат физико-математических наук, доцент, зав. каф. Экономики и прикладной математики, ЮФУ, тел. +79286039040, e-mail: Smirskaya@mail.ru

²Сидельников Владимир Иванович – доктор технических наук, профессор, директор Комплексного центра обучения в сфере энергоэффективности, тел. +7 928 6057343, Sidelnikov_vi@mail.ru

При этом объекты функционируют как единое целое, каждый объект работает как составляющая часть системы ради достижения единой цели. В настоящее время для построения и реализации математических моделей сложных технических систем используется методология системного подхода. Обобщенная постановка данной задачи формулируется следующим образом: требуется минимизировать эксплуатационные расходы и капитальные вложения в систему теплотрасс прямой и обратной подачи при обеспечении необходимой температуры теплоносителя на вводе в обогреваемое помещение (связанной с соблюдением температурного режима обогреваемого помещения).

Основная сложность в решении данной задачи – моделирование переходных и стационарных режимов работы теплотрасс. Полная постановка задачи оптимизации систем теплового снабжения (СТС) требует комплексного рассмотрения работы СТС в целом, включающей котельную (ТЭЦ), теплотрассы прямой и обратной подачи, обогреваемое помещение. Однако, отдельное исследование тепловых процессов в трубопроводах представляет самостоятельный интерес (проверка адекватности всех элементов модели, вопросы оптимизации затрат на транспортировку тепловой энергии по теплотрассе) и необходимо для дальнейшего моделирования системы в целом.

Естественно, что «стратегически наилучшим» вариантом решения данной проблемы является сокращение затрат как на транспортировку тепловой энергии, так и на сооружение теплотрасс за счет установки местных котельных. Такие компактные котельные малой мощности и с высоким КПД выпускаются в настоящее время целым рядом отечественных и зарубежных производителей. Однако, для подавляющего большинства потребителей тепловой энергии переход на производство тепловой энергии на собственных (встроенных) миникотельных представляется проблематичным по целому ряду объективных причин (в первую очередь организационно-экономических). Поэтому вопросы оптимизации затрат на передачу тепловой энергии по теплотрассам являются актуальными и требуют своего разрешения.

Одним из путей значительного снижения затрат тепловой энергии на поддержание требуемого согласно СНиП 2.04.05-91* темпе-

ратурного режима в административных зданиях является снижение температуры в ночное время и в нерабочие дни. Получаемый при периодическом охлаждении помещения экономический эффект можно определить из соотношения

$$\Delta Z = c_0 \int_0^{t_p} (Q(t) - Q_p(t)) dt, \quad (1)$$

где: c_0 – стоимость тепловой энергии, руб/(кВт*час); $Q(t)$ – потребляемая тепловая энергия без учета регулирования, кВт*час; $Q_p(t)$ – тепловая энергия потребляемая с учетом регулирования, кВт*час; t_p – время регулирования, час.

Важным звеном в решении задачи периодического снижения температуры является минимизация расхода тепловой энергии на «натоп» (переходной режим «ночь-день») и на охлаждение (переходной режим «день-ночь») помещения.

Математическая модель для анализа процессов эффективности теплового снабжения в режиме «натоп» приведена в [2]. В качестве начальных условий здесь выступают начальная T_0 и конечная T_1 температуры в помещении, а также время t_1 , за которое совершается переход от T_0 к T_1 . Управляющим параметром является температура обогревателя T_p , и задача оптимального управления сводится к минимизации потребления энергоресурсов, пропорционального величине $T_p \rightarrow \min$.

Это – стандартная задача линейного оптимального управления, и ее решение можно найти с помощью принципа максимума описанного в [3].

Методика расчетов оптимального управления переходными режимами при «натопе» помещения

Как показали проведенные по предложенной модели расчеты характер протекания переходного процесса при «натопе» помещения полностью определяется начальными условиями и не зависит от момента подачи управляющего воздействия $u=1$. Следовательно, для проведения расчета необходимо:

- задать интервал времени t_1 , достаточный для перевода системы отопления из ночного режима в дневной при включении системы отопления на максимальную допустимую мощность;

- задать шаг изменения времени таким, чтобы интервал времени t_1 разбить на 15-20 равных отрезков;

- провести расчет температуры в отапливаемом помещении в переходном режиме «ночь-день»;

- определить интервал времени, необходимый для повышения температуры в помещении от T_0 до T_1 (в случае необходимости уменьшить шаг изменения времени, для более точного вычисления времени переходного процесса);

- отступив от начала рабочей смены на интервал времени перевода системы отопления из ночного режима в дневной, получим момент включения системы отопления на максимальную мощность для «натоп» помещения к началу рабочей смены.

-

Практическое применение разработанной методики

В качестве примера рассчитаем возможную экономию тепловой энергии за счет рациональной организации «натоп» помещения с $T_0= 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $T_1= 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Характеристики помещения и ограждающих конструкций: $T_c= -20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $S_p=1,5\text{ м}^2$; $S_{CT}= 10\text{ м}^2$; $V= 50\text{ м}^3$; $\lambda_{CT}= 0,41$

$\text{Вт}/(\text{м}^3\text{ }^{\circ}\text{C})$; $\delta_{CT}=0,5\text{ м}$; $\frac{\lambda_p}{\delta_p} = 8,07\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$; $\rho_{vz} = 1,205\text{ кг}/\text{м}^3$, $c_{pvz}=1005\text{ Дж}/(\text{кг}^{\circ}\text{C})$.

Значения температуры обогревателя для поддержания стационарного режима в дневное и ночное время соответственно составили: $T_p(T_1)= 47,096\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_p(T_0)= 37,032\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для проведения расчетов определим так называемый «полигон» для «натоп» помещения, который будет равен максимальному времени разогрева помещения за счет скачкообразного увеличения температуры радиатора от $T_p(T_0)= 37,032\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $T_p(T_1)= 47,096\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом температура воздуха в помещении повысится от $T_0= 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $T_1= 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 180 мин. В дальнейшем значение $T_p(T_1)$ будем ступенчато повышать с шагом в пять градусов Цельсия. Время «натоп» помещения при этом будет уменьшаться. Расход же тепловой энергии будем проводить на интервале 180 минут: вначале от поддержания $T_p(T_0)= 37,032\text{ }^{\circ}\text{C}$, затем от реального изменения температуры в помещении при скачкообразном увеличении $T_p(T_1)$. Ре-

зультаты соответствующих расчетов приведены в таблице 1.

На рис. 1 приведена диаграмма зависимости времени на перевод системы отопления из ночного режима отопления в дневной при ступенчатом изменении температуры обогревателя от $T_p(T_1)= 47,096\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $T_p= 95\text{ }^{\circ}\text{C}$ с шагом $5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Таблица 1 – Результаты моделирования затрат тепловой энергии на «натоп» помещения

$T_p, \text{ }^{\circ}\text{C}$	Время "натоп" мин	Расход тепла, КДж	Снижение расхода тепла, %
47	180	3764,936	100
50	80	3538,548	93,986836
55	44	3462,082	91,955835
60	30,8	3435,791	91,257523
65	23,8	3420,269	90,845246
70	19,4	3397,433	90,238702
75	16,4	3387,25	89,968233
80	14,2	3383,682	89,873464
85	12,6	3370,547	89,524587
90	11,2	3369,668	89,50124
95	10,2	3366,054	89,405249

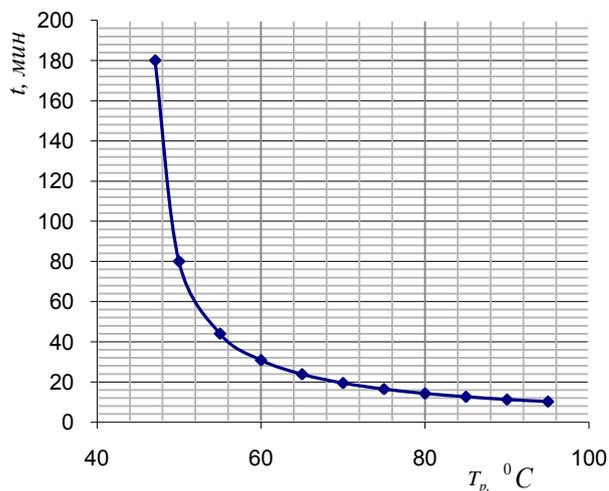


Рисунок 1 – Зависимость времени «натоп» от температуры обогревателя

На рис. 2 приведены результаты расчетов затрат тепловой энергии на перевод системы отопления в режиме «ночь-день» в зависимости от температуры обогревателя.

Как видно на рисунках с повышением температуры обогревателя снижаются как вре-

мя затрачиваемое на «натоп» помещения, так и необходимые затраты тепловой энергии (расчетное подтверждение принципа максимума Понтрягина-Беллмана).

В последнем столбце таблицы приведены относительные величины уменьшения затрат тепла в интервале времени продолжительностью в 180 минут за счет последовательного приближения к принципу максимума.

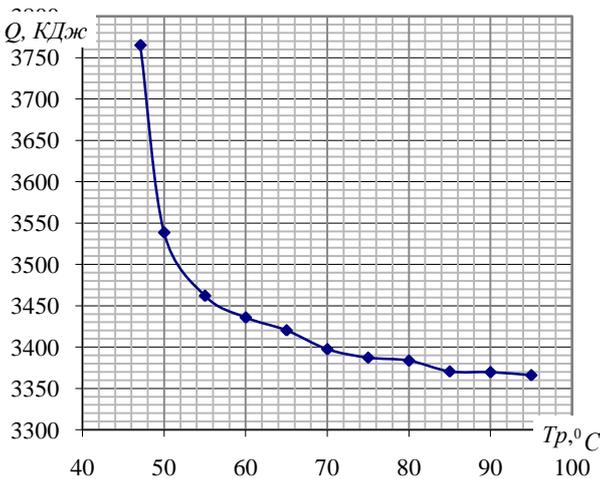


Рисунок 2 – Зависимость расхода тепла на «натоп» от температуры обогревателя

Как видно уменьшение затрат тепла за счет использования системы отопления на максимальной мощности в режиме «натоп» составило около 400 КДж или 10,6 % от ее начального значения при «натопе» путем задания $T_p(T_1) = 47,096$ °C. Очевидно, что проведенный расчетный эксперимент можно считать практическим подтверждением принципа максимума Понтрягина-Беллмана.

Важной особенностью является необходимость системного анализа, учета теплового взаимодействия разных элементов системы теплоснабжения. В [1] описана модель системы «источник – теплотрасса прямой подачи – отопительный прибор – помещение – теплотрасса обратной подачи», представляющая систему пяти линейных обыкновенных дифференциальных уравнений. В соответствии с методологическим принципом последовательного анализа усложняющихся моделей и для выявления основных закономерностей распределения тепла и затрат в [1] рассмотрен важнейший элемент этой системы: взаимодействие отопительного

прибора с обогреваемым помещением и окружающей средой. Уравнение теплового баланса в этом случае представляет дифференциальное уравнение первого порядка для средней температуры T в помещении, где управляющим фактором является средняя температура обогревателя (радиатора) T_p .

При очевидной неполноте предложенной модели (температура отопительного прибора не является независимым фактором, она определяется режимом работы источника и потерями в теплотрассах), целесообразно проанализировать физическую сущность процессов, происходящих при теплоснабжении отдельного помещения в стационарном и переходных режимах. Рассмотрение данного вопроса позволит прояснить природу физических процессов, происходящих в СТС, оценить доли различных составляющих в уравнении теплового баланса.

Литература

1. Сидельников В.И. Математическое моделирование систем централизованного теплоснабжения. Ростов-на-Дону, 2003. Сер. Серия: Актуальные проблемы науки / Сев.-Кавк. науч. центр высш. шк.
2. Сидельников В.И., Мирская С.Ю. Математическое моделирование автономных систем теплового снабжения. Ростов н/Д, 2004. Сер. Актуальные проблемы науки / Сев.-Кавк. науч. центр высш. шк.
3. Сидельников В.И., Мирская С.Ю. Управление теплоснабжением помещения с учетом тепловой инерции. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2005. №9. С. 40-45.

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ГОСТИНИЧНОГО БИЗНЕСА

Е.В. Печерица¹

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

В статье рассматриваются вопросы внедрения энергоэффективного оборудования в гостиницы. Рассматриваются ресурсосберегающие технологии, применяемые непосредственно в гостиницах. Предложены мероприятия по повышению энергоэффективности гостиниц.

Ключевые слова: гостиницы, ресурсосберегающие технологии, энергоэффективность, инновации.

POSSIBLE WAYS OF IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE ENTERPRISES OF HOTEL BUSINESS

E. V. Pecheritsa

*St. Petersburg state University of Economics (SPbSEU),
191023, Saint-Petersburg, Sadovaya street, 21.*

The article deals with the introduction of energy efficient equipment in the hotel. We consider resource-saving technologies applied directly to the hotel. The measures to improve energy efficiency hotels.

Keywords: hotels, resource-saving technologies, energy efficiency, innovation.

Энергоэффективность гостиничного комплекса можно оценить удельным энергопотреблением и рассматривать как отношение стоимости потребляемой энергии к цене предоставляемых услуг. Основными видами потребляемой энергии в гостиничных комплексах являются тепловая и электрическая энергия. При этом повышение энергоэффективности гостиничного бизнеса напрямую связано с экономией энергии – с проведением энергосберегающих мероприятий, применением там менее энергозатратных технологий и внедрением энергоэффективного оборудования.

Цены на электроэнергию и тепло в РФ растут быстрее, чем общая инфляция. Это видно на рисунке 1. Рост цен после 2014 года планируются на уровне 11÷12% [6].

Динамика роста цен на тепло в 2013-2014 гг. находится на уровне 11%. На газ в этот же период рост установлен 15%. Это официальные данные Федеральной службы по тарифам, указан минимальный прирост стоимости, при этом у энергокомпаний есть возможность превышения установленных планок роста, если имеется необходимость в инвестировании [24].

Государственная политика в области цен на энергоресурсы заключается в том, чтобы в перспективе сравнить внутренние и мировые цены на газ (увеличатся в 7 раз), нефть и нефтепродукты, электроэнергию и уголь (увели-

чатся в 2-4 раза). Это неизбежно приведет к дальнейшему повышению оплаты энергоресурсов [7].

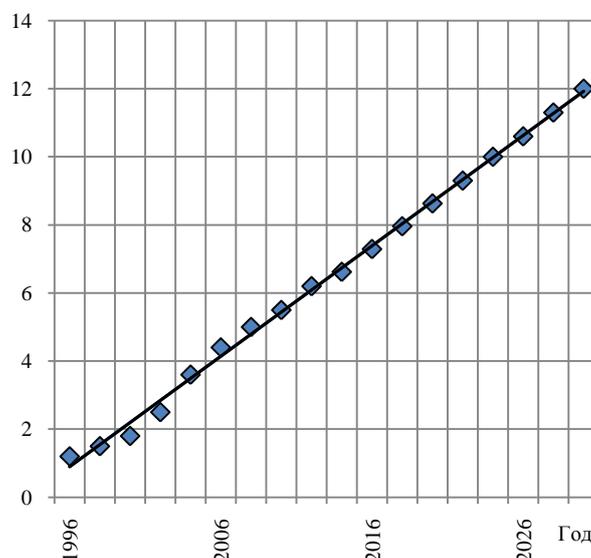


Рисунок 1 – Динамика и прогноз цен на электроэнергию в РФ (Стоимость электроэнергии, долларов США за 100 кВт)

Именно из-за этого проблемы энергосбережения относятся к актуальнейшим проблемам экономики РФ.

¹Печерица Елена Васильевна – кандидат социологических наук, доцент кафедры "Управление предпринимательской деятельностью" СПбГЭУ, тел. (812) 405-74-23, e-mail: helene8@vandex.ru.

В результате неуклонного роста издержек на энергоснабжение и мощнейшего государственного давления на потребителей топливо-энергетических ресурсов, предприятия вынуждены принимать срочные меры по повышению энергетической эффективности.

Из-за отсталости России в плане энергосбережения государство стало предпринимать законодательные меры, направленные на повышение энергоэффективности. Во-первых, статьей 38 Федерального закона № 261-ФЗ внесены изменения в статью 46 ФЗ №184-ФЗ от 27.12.2002 г. «О техническом регулировании», согласно которым требования к продукции и связанным с ней процессам приняты к обязательному исполнению в части обеспечения энергетической эффективности. Таким образом, указания ГОСТ, СНиП и пр. в части обеспечения энергетической эффективности переходят из разряда рекомендательных в разряд подлежащих обязательному исполнению [8].

Во-вторых, статья 11 Федерального закона №261-ФЗ предписывает включение в проектную документацию и применение при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте зданий технологий и материалов, позволяющих исключать нерациональный расход энергетических ресурсов как в процессе строительства, реконструкции и капитального ремонта, так и в процессе их эксплуатации.

В-третьих, с 1 января 2011 года начался процесс постепенного запрета ламп накаливания, как неэффективного источника света [9].

Таким образом, актуальность внедрения мероприятий по энергоэффективности и энергосбережению в сфере гостеприимства обоснована следующими причинами:

-со стороны государства:

1) Крайне высокий уровень энергоёмкости в ВВП;

2) Высокое производство энергии негативно влияет на экологию;

3) Высокие потери энергии в распределительных сетях;

со стороны предприятия:

1) Значительная доля себестоимости услуги приходится на энергию;

2) Высокие требования по пропускной способности распределительной сети предприятия;

3) Высокая зависимость от предприятий-поставщиков энергии.

Для российских гостиниц коммунальные платежи являются одной из основных затратных статей. На обеспечение здания электричеством, водой и теплом приходится не менее 30÷40% всех эксплуатационных расходов [23]. Причем эта доля неуклонно увеличивается, ведь тарифы на коммунальные услуги во всех регионах страны растут, по меньшей мере,

на 10÷20% ежегодно. Ситуация осложняется резким падением спроса в 2008÷2009 гг., из-за которого большинство отечественных отелей были вынуждены снижать цены на проживание, в зависимости от «звездности», на 10÷30% [10]. Совместно эти факторы самым негативным образом сказываются на рентабельности гостиничного бизнеса и должны подталкивать владельцев отелей к активному поиску решений для экономии ресурсов. Попробуем разобраться, какие есть пути уменьшения энергоёмкости объектов гостиничного бизнеса, и как они реализуются на практике в нашей стране.

Применение энергоэффективных технологий снижает потребление электричества до 50% [11]. Есть пассивный и активный подходы оптимизации энергозатрат. Внедрение любых энергосберегающих технологий не имеет смысла без решения базовых, фундаментальных проблем (пассивный подход): устранение утечек пара, воды, газа, электроэнергии, обеспечение теплоизоляции. Активный же подход предусматривает целенаправленные и системные меры по автоматизированному управлению энергопотреблением.

Один из немногих российских отелей, где реализован весь комплекс по энергосбережению, в том числе и система диспетчеризации Desigo Insight на базе оборудования SIEMENS, четырехзвездочный отель «Angelo» в Екатеринбурге, построенный австрийской девелоперской компанией Warimprex.

Одной из отличительных черт данного проекта является экономия энергоресурсов на уровне конечного пользователя (зон комфорта) – это гостиничные номера, конференц залы, кафе и т.д., а также точный контроль за их расходом (тепло, холод, электроэнергия) на уровне распределения (коллектора) на базе ультразвуковых тепло/хладосчетчиков производства Kamstrup» [12].

В каждой зоне комфорта смонтированы пульт для установки желаемой температуры и контроллер, интегрированный в общую систему диспетчеризации. Управление прибором отопления (радиатор с регулирующим клапаном и приводом) и прибором охлаждения (фанкойл) одним контроллером исключает возможное разногласие в их работе, что зачастую бывает при работе приборов «самих по себе» (один греет, другой тут же охлаждает). Интеграция контроллеров зон комфорта в общую систему диспетчеризации позволило реализовать три режима работы: комфорт – при снятом номере, поддерживается температура, установленная гостем; прекомфорт – номер свободен.

Оператору (инженеру-диспетчеру) предоставлены следующие возможности:

1) контролировать в каждой зоне текущую и заданную с пульта температуру, положение

(процент открытия) регулирующих клапанов приборов отопления и охлаждения, текущую скорость фанкойла и др.;

2) задавать уставку и гистерезис для пульта, как каждой зоны комфорта, так и целого этажа, что не позволяет конечному пользователю задавать «безумную» температуру.

Контролировать и проводить анализ работы системы регулирования климата позволяют 9 тепло- и 5 хладосчетчиков MULTICAL® 601. Они установлены на каждой из веток систем отопления и холодоснабжения, идущих в отдельные зоны здания и так же интегрированы в общую систему диспетчеризацию [13].

Все это является серьезным инструментом в руках службы эксплуатации для экономии энергоресурсов в данном отеле. Проведя ряд «экспериментов» по установке той или иной уставки температуры и гистерезиса, получая при этом точные данные расхода тепла (холода), можно определить оптимальную точку экономии не в ущерб комфорту клиентов [4].

Итак, комплекс энергосберегающих мер, включающих приборный учет ресурсов, использование энергоэффективного оборудования и гибкое автоматическое регулирование работы инженерных систем здания, может существенно снизить эксплуатационные расходы гостиниц и, соответственно, повысить рентабельность бизнеса. Опыт комплексного подхода к энергосбережению, являющийся стандартом в европейских отелях по мере растущих цен на энергоресурсы становится хорошим примером и для отечественных девелоперов и инвесторов [5].

Таким образом, можно выделить следующие преимущества автоматизированных станций диспетчерского управления (АСДУ):

1) экономия ресурсов (вода, тепло, электричество);

2) удобное отображение состояния номеров на экране, установленном на рабочем месте дежурного администратора;

3) повышение уровня обслуживания гостей и, как следствие, престижа гостиницы;

4) снижение затрат на ремонтные работы за счет своевременного оповещения об аварийных ситуациях.

По всему миру отели и управляющие компании начинают использовать освещение как дополнительный источник дохода. В России же, в большинстве случаев, свет для инвесторов и девелоперов ассоциируется с головной болью, с дополнительными издержками и проблемами. Если говорить о той роли, которую свет играет в отеле, то, наверное, стоит выделить две, наиболее важные, функции. Первое, это энергосбережение, в среднем 15 % электроэнергии в отеле расходуется на свет [14]. При

использовании энергосберегающих технологий, светодиодных, например, долю, расходуемую на свет можно снизить с 15 % до 2÷3 % [15]. И здесь надо помнить, что освещение - это самый простой способ экономить. Конечно, можно инвестировать в оставшиеся 85%, это может быть вентиляция, отопление и еще что-то, но освещение, это самый простой способ экономии, достаточно всего лишь заменить источник света. И вторая важная функция света – это световые эффекты, то есть создание уникальной атмосферы отеля [25].

Слово энергосбережение слышали все, но не все понимают, что оно значит с экономической точки зрения. Можно проиллюстрировать это простым примером. Был сделан расчет для отеля топового уровня, который находится в центре Москвы, и было предложено заменить в лобби отеля всего лишь сорок галогенных ламп на светодиодные. Годовая экономия при этом составила 130 тыс. руб. Срок окупаемости 40 светодиодных ламп менее года, а за последующий срок службы ламп, прибыль отеля составит более 500 тыс. руб. Сосчитав все световые точки отеля, можно представить, какие возможности открываются перед владельцами отеля и управляющими компаниями [14]. Стоит принимать во внимание и то, что девелоперы отеля вынуждены платить за подключение электроэнергии. Стоимость подключения 1 кВт в Москве, где-то от 100 тыс. руб. и выше, в Санкт-Петербурге по последним данным эта сумма составляет 10000 евро [16]. При проектировании, закладывая энергосберегающие технологии, они могут окупиться уже на стадии разработки проекта. Кроме того, при расчетах стоит учитывать стоимость замены ламп, высвобождаемую мощность и т.д.

Индустрия гостеприимства – это тот сегмент, в котором инвестиции в энергосберегающие технологии окупаются быстрее всего и связано это с активным использованием света.

Не стоит забывать и о политических явлениях. С 1 января 2011 года вступил в силу закон «Об энергоэффективности», который подразумевает, что к каждому зданию будут предъявляться требования – снизить энергопотребление на определенное количество процентов [17]. И здесь освещение, это самый простой выход.

Когда мы говорим об энергоэффективности в гостиничном бизнесе, нельзя не упомянуть о светодиодных технологиях и последних разработках. Светодиодное освещение в отелях можно разделить на две части: на светодиодные лампы и на светодиодные светильники. При простой замене ламп, например, замена галогенных ламп на светодиодные, энергосбережение достигает 80 %. Светодиодные светильники, как правило, используются для светового

оформления отеля. Они предоставляют возможность воспроизводить миллионы цветов, а возможности светового оформления отеля ограничены только лишь воображением светодиодных и бюджетом [18].

Светодиодные технологии и энергосбережение не какие-то мифы, которые используются где-то за рубежом, есть реальные проекты с использованием светодиодов в России. Например, в недавно открывшейся гостинице Lotte Hotel Moscow в Москве, компания Philips реализовала проект подсветки зоны SPA [19]. Такое освещение реализовано всего лишь с использованием одного типа светильника. В отеле Ренессанс, который так же находится в Москве, осветили светодиодными светильниками Philips лобби и ресторан. В зоне ресепшн, была установлена динамичная светодиодная подсветка [20]. Стоит упомянуть и Swissotel на Красных холмах в Москве [21]. Здесь установлена система управления освещением Dynalite – эта технология достаточно важна в масштабах отеля. Из диспетчерской один человек может управлять светом на всех этажах отеля [22].

Надо отметить, что светодиодные лампы и светильники Philips используются как в крупных сетевых отелях, таких как Hilton, так и в мелких независимых отелях. И это говорит о том, что не только крупные сети, которые располагают большими финансовыми средствами, инвестируют в энергосбережение, но и небольшие отели, так сказать, семейного плана [14].

Важной и актуальной задачей в сфере гостеприимства является осуществление комплекса мер по рациональному использованию энергоресурсов [3]. Решение проблем энергосбережения в гостиничном бизнесе также включает в себя:

1) проведение энергетического аудита, который даст общую картину потерь тепла в здании и выявит те слабые места, нуждающиеся в решении, и уже после этого можно будет приступить к решению этих проблем, выбирать вариант, наиболее подходящий для того или иного здания;

2) сокращение потребления энергии в процессе эксплуатации гостиниц;

3) побуждение к энерго- и ресурсосбережению клиентов гостиницы;

4) развитие перспективных направлений строительства и эксплуатации зданий;

5) внедрение ресурсосберегающих технологий, новых материалов.

Собственники зданий, строений, сооружений обязаны в течение всего срока их эксплуатации не только обеспечивать установленные показатели энергоэффективности, но и проводить мероприятия по их повышению. Энергоэффективность невозможна без приме-

нения новых технологий и материалов, таким образом в данных мероприятиях важное значение занимает внедрение технологических инноваций [1,2]. Энергоэффективность гостиницы можно повысить за счет типовых мероприятий по энергосбережению, которые на сегодняшний день разработаны для зданий и сооружений [25]. Они включают в себя утепление ограждающих конструкций, повторное использование тепла, применение энергоэффективных технических устройств и т.д.

В заключении можно сделать следующие выводы:

1) Проблемы энергосбережения и энергоэффективности относятся к актуальным проблемам российский гостиниц, так как происходит ежегодный рост тарифов на энергоресурсы, также растёт их потребность, и в тоже время используется малое количество энергосберегающих технологий.

2) Главный способ повышения энергоэффективности предприятий является внедрение новых технологий, инноваций, способные более рационально использовать энергоресурсы.

3) Около 15% себестоимости гостиничных услуг составляют затраты на освещение интерьеров. Эти затраты значительно позволяют снизить также новые инновационные источники света – светодиодные и индукционные лампы. При этом использование таких источников позволяет снизить потребление электроэнергии в 10 раз, а затраты на внедрение данных технологий минимальны – по сути необходимо только в плановом порядке заменить сами лампы, потратившись на их закупку. Поэтому эффективность внедрения данных инноваций достаточно высока.

4) Существует второй способ снижения затрат на освещение – использование специальных датчиков, позволяющих автоматически включать и выключать свет в зависимости от присутствия людей. Эффективность данной инновации сильно зависит от помещения, в котором устанавливаются данные датчики, насколько часто и с какой продолжительностью в нём будут находиться люди.

5) В остальном повышение энергоэффективности гостиницы, а также снижение затрат на закупку энергоресурсов, возможно за счёт применения инновационных теплоизоляционных материалов, оптимизации потребления энергоресурсов, увеличение доли используемых возобновляемых источников энергии, повторное использование энергии.

Литература

1. Полякова А.Г. Инновационная деятельность как фактор экономического пространства региона. Научные труды Вольного экономического общества России. 2010. Т. 137. С. 419-427.
2. Печерица Е.В. Влияние экоиноваций на конкурентоспособность отеля. Менеджмент инноваций. 2013. № 1. С. 32-37.
3. Печерица Е.В. Российский опыт применения экологических инноваций в средствах размещения (на примере северо-западного федерального округа). Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. № 42. С. 38-45.
4. Печерица Е.В. Рекомендации по внедрению экологических инноваций в отелях категории «ПЯТЬ ЗВЕЗД» (на примере гостиницы «ГРАНД ОТЕЛЬ ЕВРОПА», Санкт-Петербург). Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2013. № 43. С. 40-53.
5. Печерица Е.В. Зарубежный опыт применения экологических инноваций в средствах размещения. Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. № 34. С. 49-60.
6. Экономичные системы отопления, ООО "Рейкон", электронный ресурс URL: [http://www.reikon.ru/articles/econom-system-otoplenya.html], (дата обращения 27.12.2014).
7. ECOTECO, электронный ресурс URL: [http://www.ecoteco.ru/?id=614], (дата обращения 27.11.2014).
8. Федеральный закон "О техническом регулировании" от 27.12.2002 N 184-ФЗ, Официальный сайт компании "Консультант Плюс", электронный ресурс URL: [http://www.consultant.ru/popular/techreg/], (дата обращения 27.11.2014).
9. С 1 января 2011 года вводится запрет на производство, импорт, продажу ламп накаливания мощностью 100 Вт и более, Общественный совет по развитию малого предпринимательства при Губернаторе Санкт-Петербурга, электронный ресурс URL: [http://www.osspsb.ru/osnews/6675/], (дата обращения 27.11.2014).
10. Оптимизация энергозатрат при проектировании гостиниц, Издательский Дом "Панорама", электронный ресурс URL: [http://www.panor.ru/journals/project/new/?ELEMENT_ID=28831], (дата обращения 27.11.2014).
11. Калышева Е., Дошли до лампочки. Применение энергоэффективных технологий снижает потребление электричества на 50 процентов, Научно-технический совет Программы «Энергосбережение СО РАН», электронный ресурс URL: [http://www.nashrf.ru/e/1257496-doshli-do-lampochki-primenenie-energoeffekti.html], (дата обращения 27.11.2014).
12. Проект партнера "Сименс", компании "КЛИМАТ КОНТРОЛЬ", Siemens, электронный ресурс URL: [http://buildingtechnologies.siemens.ru/support/infocenter/references/russia/21883.html], (дата обращения 27.11.2014).
13. Оптимизация энергозатрат, Климат-Контроль, электронный ресурс URL: [http://www.ccontrol.ru/press-centre/statji/225/], (дата обращения 27.11.2014).
14. Петросянц М., Энергосбережение и энергоэффективность в индустрии гостеприимства, «LIGHT RUSSIA», электронный ресурс URL: [http://www.lightrussia.ru/lib/articles/?id=3251], (дата обращения 27.11.2014).
15. Преимущества светодиодного освещения, «Ледли Компани», электронный ресурс URL: [http://spbled.ru/led/2009-11-05-15-22-20.html], (дата обращения 27.11.2014).
16. Тарифы на электроэнергию в Санкт-Петербурге на 2011 год, Народная служба тарифов, электронный ресурс URL: [http://www.newtariffs.ru/blog/tarify-na-elektroenergiyu-v-sankt-peterburge-na-2011-god], (дата обращения 27.11.2014).
17. Медведев подписал закон об энергоэффективности, Электронное периодическое издание «РИАН.Ру», электронный ресурс URL: [http://eco.ria.ru/business/20091123/195123965.html], (дата обращения 27.11.2014).
18. Сверхяркие мощные светодиоды, электронный ресурс URL: [http://svetodiodnie.ru/publ/sverkhjarkie_moshhnye_svetodiody/1-1-0-20], (дата обращения 27.11.2014).
19. Lotte Hotel Moscow, Koninklijke Philips Electronics N.V., электронный ресурс URL: [http://www.lighting.philips.ru/projects/lotte_hotel.wpd], (дата обращения 27.11.2014).
20. Светодиодные лампы: цена энергосбережения, «Светодиодъ», электронный ресурс URL: [http://www.ylati.ru/nedorogie_svetodiodnyie_lampyi.html], (дата обращения 27.11.2014).
21. EML Организация Энергоснабжения и Осветительные Системы, электронный ресурс URL: [http://www.eml-tr.com/referanslarRUS1.html], (дата обращения 27.11.2014).
22. Погодаев К., Освещение в отеле – неизбежные издержки или возможный источник прибыли?, B2B Conference Group, электронный ресурс URL: [http://www.b2bpg.com/files/Pogodaev_Hotel_I_2010.pdf], (дата обращения 27.11.2014).
23. Гостиничный комплекс и его структура, Все о туризме - Туристическая библиотека, электронный ресурс URL: [http://tourlib.net/books_tourism/zorin09.htm], (дата обращения 27.11.2014).
24. Правительство утвердило тарифы на 2012-2014 гг., Федеральная служба по тарифам РФ, электронный ресурс URL: [http://www.fstrf.ru/tariffs/smi/21], (дата обращения 27.11.2014).
25. Печерица Е.В. Теоретические аспекты ресурсосберегающих технологий в гостиничном бизнесе. Техничко-технологические проблемы сервиса. 2014. № 2 (28). С. 95-99.
26. Типовые мероприятия по энергоэффективности, электронный ресурс URL: [http://energoef.ru/tipovyie_meropriyatiya_po_povyish_energoeffektivnosti] (дата обращения 27.11.2014).

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ГОРОДСКИХ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Н.Л. Великанов¹, С.И. Корягин²

*Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта (БФУ им. И.Канта)
236041, г. Калининград, ул. А.Невского, 14*

Изложены методы определения потребности в электрической энергии систем водоотведения. Приведены направления повышения эффективности их работы. Рассмотрены проблемы повышения энергоэффективности систем водоснабжения и водоотведения региона. Приведены особенности водопотребления в Калининградской области.

Ключевые слова: насосные установки, водоснабжение, водоотведение, энергоэффективность

ENERGY EFFICIENCY OF WATER SUPPLY AND OUT WATER-WAY NETWORKS OF CITY

N.L. Velikanov, S.I. Korjagin

*Immanuel Kant Baltic Federal University (IKBFU)
236041, Kaliningrad, street A.Nevskogo, 14*

Methods of definition of requirement for electrical energy of systems of water removal are stated. Directions of pinch of efficiency of their operation are given.

Increase problems of power efficiency of water supply and out water-way systems of region are considered. Features of water consumption in the Kaliningrad region are resulted.

Keywords: pump installations, water supply, water removal, energy efficiency

Наиболее энергоёмкими объектами канализационных сетей являются насосные и воздухоудувные установки. По некоторым оценкам, на перекачку сточных вод в России ежегодно расходуется 60÷70 млрд. кВт·ч электроэнергии. Однако энергетическая эффективность насосных и воздухоудувных установок определяется не только состоянием их оборудования, но в значительной мере зависит от структуры, состояния и режимов работы смежных технологических сооружений: систем водоотведения, канализационных очистных сооружений [1-3].

Основная доля энергетических затрат предприятий канализационного хозяйства приходится на технологические нужды. С увеличением производительности насосных станций возрастает доля энергии, расходуемой на перекачку стоков, то есть на основные технологические нужды (табл. 1). Одновременно снижается доля энергии, расходуемой на отопление, вентиляцию, освещение, на работу вспомогательных механизмов.

При проведении энергетического обследования наибольшее внимание следует уделять анализу работы основных агрегатов, пере-

качивающих стоки. Главная задача - обеспечить экономичные режимы работы основных насосных агрегатов.

Таблица 1. Распределение энергетических затрат насосных станций в % от общего энергопотребления

Энергетические затраты	Производительность насосных станций, млн. м ³ /год			
	до 50	50÷100	100÷150	150÷200
Перекачка стоков	50÷85	85÷94	94÷95	95÷96
Отопление	25÷6	6÷3	3÷2	2÷1
Вспомогательные механизмы и системы	8÷5	5÷3	3÷2	2÷1
Вентиляция	6÷3	3÷2	2÷1,5	1,5÷1
Освещение	5÷3	3÷2	2÷1,5	1,5÷1
Оперативные цели, релейная защита	1÷0,5	0,5÷0,3	0,3÷0,2	0,2÷0,1

Экономичная работа насосных агрегатов обеспечивается, главным образом, соответствием режимов работы насосных агрегатов и системы трубопроводов, по которым сточные воды перекачиваются на очистные сооружения.

¹Великанов Николай Леонидович - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии транспортных процессов и сервиса, БФУ им. И.Канта, тел.: 8 (4012) 33-82-84, e-mail: monolit8@yandex.ru;

²Корягин Сергей Иванович - доктор технических наук, профессор, директор института транспорта и технического сервиса, БФУ им. И.Канта, тел.: 8 (4012) 33-82-84, e-mail: SKoryagin@kantiana.ru

В ходе энергетического обследования канализационных насосных станций должны быть рассмотрены совместные режимы работы насосных установок и трубопроводной системы водоотведения.

Для насосных установок необходимо учитывать наличие резервуаров. Достаточное количество резервуаров соответствующего объема, правильно расположенных с учетом рельефа местности, обеспечивает более равномерный и экономичный режим работы насосных установок.

При определении норм расходования энергии на перекачку следует обязательно учитывать рельеф местности. Всегда удельный расход энергии ($\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$) насосной установки, подающей воду на высокие отметки, при прочих равных условиях, будет выше, чем установки, подающей воду на низкие геодезические отметки.

Значительно влияет на энергопотребление насосных установок состояние трубопроводов. В настоящее время примерно 50% всей воды подается с коррозионными отложениями, которые уменьшают живое сечение труб до 20% и увеличивают гидравлическое сопротивление труб в 2÷3 раза. Износ труб может быть выявлен сопоставлением расчетных значений характеристик водоводов с результатами эксплуатационных наблюдений и испытаний наиболее важных и ответственных участков [1-3].

Аналогичный подход должен иметь место при энергетическом обследовании очистных канализационных сооружений. Наиболее крупными потребителями энергии на канализационных очистных сооружениях являются воздуходувные агрегаты. Количество воздуходувных агрегатов на крупных станциях аэрации достигает 10÷12 единиц. Экономичность их работы обеспечивается, прежде всего, эффективной системой аэрации сточной жидкости, т.е. правильным выбором аэраторов и качеством воздухопроводов. Энергетическое обследование предприятий канализационного хозяйства должно включать в себя достаточно глубокое изучение основных технологических процессов очистки и транспорта воды.

Современная система канализации г. Калининграда в значительной степени предопределена наличием разветвленной существующей сети в кварталах, прилегающих к реке Преголя, где построена как общесплавная. При позднейшей застройке города новые районы были канализованы по раздельной схеме. Таким образом, в городе принята смешанная система канализации.

Общая водосборная площадь канализационной системы составляет 7200 га. Примерно 5% городской территории не обслуживается

канализационной системой, что в пересчете на население составляет 20 тыс. человек [1].

Сточные воды г. Калининграда собираются тридцатью коллекторами и сетью притоков к ним и отводятся на очистные сооружения: в пределах города - главным коллектором, за пределами - самотечным отводным коллектором. Основная часть коллекторов работает по раздельной системе, а затем переходит на общесплавный режим работы. Главный коллектор также является общесплавным. В системе канализации имеется акведук, несколько дюкеров и 2 песколовки на главном коллекторе.

К настоящему времени протяженность сетей общесплавной канализации составляет 40% от раздельной [1].

В пределах города сточные воды частично поступают в главный коллектор самотеком, частично перекачиваются в него насосными станциями. Всего на сети канализации 14 насосных станций подкачки, плюс 1 станция техобслуживания на общесплавной сети. Дождевые стоки через ливнеотводы сбрасываются в реку Преголя. Городские сточные воды отводятся на очистные сооружения механической очистки. Сооружения после войны были восстановлены. Общегородские стоки расходом порядка 160,0-180,0 тыс. м^3 в сутки транспортируются главным коллектором на очистные сооружения. Пройдя через очистные сооружения и по обводному каналу, сточные воды отводятся в Приморскую бухту Калининградского залива.

Бытовые сточные воды от жилых кварталов и промышленных предприятий собираются главным коллектором, расположенным вдоль реки Преголя и отводятся на очистные сооружения механической очистки, расположенные в 1 км от города.

Протяженность канализационных сетей города составляет более 500 км [1].

Степень износа канализации составляет 80%. Многие закрытые коллекторы превратились в открытые сточные канавы, т.к. объем стоков в 2-2,5 раза больше пропускной способности [1].

Важнейшим показателем при оценке эффективности работы сетей водоотведения является потребление электроэнергии. Различными рекомендациями [2,3] предусмотрены два взаимодополняющих метода определения потребности в электрической энергии. Первый метод - расчетный - основан на подробных технических расчетах. Второй метод - нормативный - основан на удельных нормах расхода электрической энергии.

Расчет годовой потребности в электрической энергии ($\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{год}$) каждым насосным агрегатом производится путем суммирования расходов электрической энергии на каждом

режиме работы.

Коэффициент полезного действия оборудования принимается по паспортным данным. Если имеются фактически замеренные характеристики агрегатов, то расчет может проводиться с их использованием.

При вводе в действие новой насосной станции величины производительности насоса и полного напора рекомендуется принимать по проекту исходя из трех режимов работы с максимальной, средней и минимальной подачей.

При определении потребности в электрической энергии на действующих насосных станциях на основе анализа данных журналов эксплуатации устанавливаются несколько режимов работы насосов и соответствующее время их работы. Для насосных станций первого подъема и станций по перекачке сточных вод выделяются 2 - 3 режима в течение года, а для насосных станций второго и последующих подъемов - несколько режимов в зависимости от неравномерности подачи каждого агрегата. Для получения представительной выборки данных рекомендуется использовать журналы эксплуатации насосных станций с записями ежечасной подачи и напора воды за 24 сут. (например, за 1-е и 15-е числа каждого месяца года), для насосных станций первого подъема - за 12 сут.

При расчете суммарного расхода электрической энергии насосными агрегатами каждой насосной станции должны соблюдаться условия равенства общей годовой подачи воды насосной станции и суммарной подачи всех агрегатов за год. Общая расчетная подача насосных станций второго подъема (а также насосных станций первого подъема, работающих непосредственно в сеть) должна равняться расчетной годовой подаче в сеть.

Расход электрической энергии на перекачку и очистку воды (сточных вод) нормативным методом определяется путем суммирования расходов электрической энергии, потребляемой всеми насосными станциями (насосными станциями перекачки сточных вод) и очистными сооружениями водоснабжения (водоотведения) организации коммунального комплекса.

В расчетах учитываются удельный и годовой расход электрической энергии (табл. 2,3).

Документы [4 – 7] регламентируют систему мер государственного регулирования энергосбережения и энергоэффективности. В частности, в приказе [7] установлено требование по снижению удельного потребления воды в жилых зданиях по отношению к среднему фактическому потреблению на 01.01.2008 г. - 320 $\text{дм}^3/\text{чел. сут.}$ поэтапно до 45% к 2020 г., то есть до 175 $\text{дм}^3/\text{чел. сут.}$ В том числе горячей воды с 150 $\text{дм}^3/\text{чел. сут.}$ до 80-85 $\text{дм}^3/\text{чел. сут.}$

Современное законодательство распространяется на системы водоснабжения и неразрывно связанные с ними системы водоотведения, которые являются коммунальными системами массового обслуживания со значительным ресурсо- энергопотреблением [4-9].

Таблица 2 – Удельный расход электрической энергии на перекачку воды (сточных вод)

Полный напор, м	Удельный расход электрической энергии, $\text{кВт ч}/1000 \text{ м}^3$	
	Насосные станции водоснабжения	Насосные станции водоотведения
10	39	44
20	76	83
30	113	124
40	150	167
50	187	211
60	224	257
70	260	304
80	297	353
90	334	404
100	370	-
120	444	-
140	516	-
160	589	-
180	662	-
200	734	-
300	1094	-

Примечание:

1. При промежуточном значении полного напора значение удельного расхода электрической энергии определяется путем интерполяции.

2. При наличии на насосной станции частотного преобразователя к значению удельного расхода электрической энергии применяется коэффициент 0,9.

Системы водоснабжения ежегодно подают каждому жителю болллее 100 тонн воды, потребляют до 40 % тепловой энергии на коммунальные нужды для получения горячей воды, до 5 % электроэнергии на подъем и транспортировку воды.

Общественные затраты на содержание систем водоснабжения и водоотведения и постоянную поставку гражданам этих коммунальных услуг находятся на втором месте (26, 5 %) после систем отопления (28 %) значительно превосходят затраты на электрогазоснабжение (10.8 %, 8.7%) (2009 г.).

За срок службы многоквартирного здания (100 лет) суммарные затраты на горячую воду, холодную и водоотведение превышают строительную (капитальную) стоимость нор-

мативной жилой площади на одного человека (20 м²) в 1.4 раза.

Таблица 3. Расход электрической энергии на работу вспомогательного оборудования насосной станции

Наименование показателя	Производительность насосной станции, тыс. м ³ /сут.					
	До 5	6-25	26-50	51-100	101-200	Свыше 200
Расход электрической энергии, тыс. кВт ч. в год	5	47	90	185	310	400
Дополнительный расход электрической энергии при наличии на станции перекачки сточных вод следующего оборудования:						
- вентиляция, тыс. кВт ч. в год	2	6	10	15	20	25
-механические грабли, кВт ч./1000 куб.м	22,5					
- дробилка, кВт ч./1000 м ³	31,5					

Примечание: расход электрической энергии на отопление укрупненными нормативами не предусмотрен.

Износ этих систем составляет 40...80 % и является одной из основных причин потерь воды и энергии.

Потери в системах водоснабжения, по официальным данным, составляют 22...24%, что значительно превышает потери готового продукта в других отраслях народного хозяйства (2...5%). Среднее удельное водопотребление на одного человека (320 дм³/чел. сут.) более, чем в два раза превышает потребление в европейских странах (120...150 дм³/чел. сут.).

Анализ структуры водопотребления показывает, что формирование водопотребления в системе водоснабжения в основном происходит во внутренних водопроводах зданий в процессе использования воды потребителями. Потери воды на непро-изводительные расходы, возникающие в процессе санитарно-гигиенических и хозяй-ственных процедур, утечки через негерметичную водоразборную арматуру, трубопроводы и сливы воды, качество которой (температура, мутность, запах, цветность) не удовлетворяет потребителя, составляют значительную часть подаваемой воды.

В структуре теплопотребления в водопроводе горячей воды отмечаются значительные потери тепла из-за нерациональных расходов горячей воды и незаинтересованности потребителей в ее рациональном использовании.

На основании отечественных и зарубежных исследований водопотребления непосредственно у потребителей эта величина оценивается на уровне 50 ÷ 120 дм³/чел. сут., при этом нижний предел соответствует минимальному благоустройству жилища, а верхний оптимальному (стандартному). Учитывая технически обуслов-ленные (минимальные) потери воды, социальная потребность принята в размере 140 дм³/чел. сут.

В Калининграде действует норматив водопотребления на одного жителя в 9 м³ в месяц.

Для всего региона (кроме Калининграда) питьевой вода добывается из подземных источников. В областном центре вода поступает также из р. Преголи, искусственных систем озера и водохранилищ.

Реализацию политики ресурсосбережения в системах водоснабжения и водоотведения можно обеспечить техническими, организационно - экономическими и организационно - воспитательными мероприятиями (рис. 1).

К техническим мероприятиям по экономии воды (ресурсосбережению) во внутренних и наружных водопроводах зданий, сооружений в основном можно отнести приборное оснащение, автоматизацию производственных процессов (рис. 2).

Технические мероприятия по эффективному использованию тепловой, электрической энергии в системах водоснабжения (энергосбережение) представлены на рис. 3.

Немаловажную роль в деле энергоресурсосбережения играют организационно - экономические (рис. 4) и организационно - воспитательные мероприятия (рис. 5).

Резервы энергоресурсосбережения в системах водоснабжения в России составляют не менее 50 %.



Рисунок 1 - Общая структура мер по повышению энергоэффективности систем водоснабжения и водоотведения

Для ускорения процесса энергоресурсосбережения необходимо изменить социальное отношение в стране в целом и регионах к воде путем изменения социально-экономиче-

ских нормативов, учитывающих существенное влияние воды на здоровье населения и состояние природных водных объектов.



Рисунок 2. – Общая структура технических мероприятий по повышению энергоэффективности систем холодного водоснабжения и водоотведения



Рисунок 3 – Общая структура технических мероприятий по повышению энергоэффективности систем горячего водоснабжения и водоотведения



Рисунок 4 – Общая структура организационно - воспитательных мероприятий



Рисунок 5 – Общая структура организационно - экономических мероприятий

Литература

1. Официальный сайт МУП КХ «Водоканал» городского округа «Город Калининград» (Электронный ресурс). URL: <http://vk39.ru/sistema-vodosnabjenii/> (дата обращения: 12.10.2014).
2. Методические рекомендации по определению потребности в электрической энергии на технологические нужды в сфере водоснабжения, водоотведе-

ния и очистки сточных вод, 2007. – М.: Центр муниципальной экономики и права.-16 с.

3. Методика по разработке удельных нормативов водопотребления и водоотведения для производственных объектов ОАО «АК «Транснефть», РД 153-39.4-090-01, введен в действие с 01.12.2001. - МФ ГНУ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, утвержден первым вице-президентом ОАО АК «Транснефть» В. В. Калининым 09.11.2001 года. – 11 с.

4. Указ Президента РФ от 4.06.2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики».

5. Федеральный закон № 261-ФЗ от 23 ноября 2009 года «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

6. Закон РФ № 384-ФЗ от 30 декабря 2009 года «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

7. Приказ Министерства регионального развития от 28 мая 2010г. № 262 «О требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений».

8. Постановление Правительства Российской Федерации от 23 мая 2006 г. № 307 г. Москва «О порядке предоставления коммунальных услуг гражданам».

9. Великанов Н.Л., Колобов А.В., Проскурнин Е.Д. Калининградская область: Водопользование и водопотребление в городе. - Калининград, ОАО "Янтарный сказ", 2007. – 208 с.

ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО В СФЕРЕ ИННОВАЦИЙ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕРРИТОРИИ

В.А. Генг¹, А.В. Андреева²

Тверской государственной университет (ТвГУ), 170100, г. Тверь, ул. Желябова, 33.

Государственно-частное партнёрство в сфере инноваций – это реально действующий механизм, способствующий развитию инновационной сферы и трудового потенциала территории

Ключевые слова: инновации, трудовой потенциал, государственно-частное партнёрство.

PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP IN THE SPHERE OF INNOVATIONS AS THE FACTOR OF DEVELOPMENT OF LABOUR CAPACITY OF THE TERRITORY

V.A. Geng, A.V. Andreyev

Tver state university (TvGU), 170100, Tver, Zhelyabov St., 33.

Public-private partnership in the sphere of innovations is the really operating mechanism promoting development of the innovative sphere and labor capacity of the territory

Keywords: innovations, labor potential, public-private partnership.

В настоящее время выбор основных направлений, которые будут способны определить перспективы экономического развития территорий многие исследователи правомерно связывают «не с вариантами использования природных ресурсов, сосредоточенных в так называемых базовых отраслях промышленности (топливной, энергетической, металлургической, металлообрабатывающей), а с высокими технологиями, интеллектом, научными открытиями, инновационными нововведениями, которые будут способны создавать новые материалы и вещества с намного более высокими показателями эффективности и полезности» [2, с. 81], т.е. через развитие сферы инноваций.

Мировая практика предлагает широкий спектр экономических инструментов научно-технической, инновационной и промышленной политики, с помощью которых можно управлять инновационным процессом на макро- и микроуровнях. Однако их применение в полном объеме требует значительных финансовых ресурсов, что не всегда по силам даже самым богатым странам.

В условиях ограниченности бюджетных средств государство не в состоянии обеспечить финансирование всех перспективных инновационных проектов, так как большинство из них требуют крупных инвестиций. Приоритеты прямого государственного финансирования обычно отдаются тем направлениям, которые не могут поддерживаться частным сектором из-

за высокой степени неконтролируемого риска и коммерческой неопределенности (например, фундаментальные исследования) или больших по объему и трудно окупаемых затрат (крупные научно-технические проекты национального масштаба). Кроме того, государство традиционно берет на себя прямое финансирование НИОКР в областях, где оно является основным заказчиком высокотехнологичной продукции (например, в области военной техники), или там, где существует явная угроза национальным производителям в результате обострения международной конкуренции.

Сегодня в мире постоянно растет потребность в услугах, бремя обеспечения которых – традиционная задача государства. Речь идет, прежде всего, о таких сферах, как транспорт, здравоохранение, коммунальное хозяйство и образование. В условиях ограниченности бюджетных средств государство не в состоянии обеспечить достаточное финансирование мало доходных, но социально значимых проектов и программ. Зато более или менее свободные средства имеются у частного сектора, и государство нашло способ успешно привлекать их для решения своих задач. При этом наиболее рациональный и широко используемый в мировой практике способ привлечения государством бизнес-структур к решению важных и часто социально-значимых проблем – привлечение частного капитала на базе формирования государственно-частного партнерства (private & public partnership, далее ГЧП).

¹Генг Варвара Антоновна – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента ТвГУ тел. (4822) 34-24-52 e-mail: geng@pochta.ru;

²Андреева Алла Викторовна – ассистент кафедры менеджмента ТвГУ тел. (4822) 34-24-52 e-mail: lekTra1304@yandex.ru

Использование ГЧП позволяет правительствам различных стран решать насущные проблемы с финансированием инфраструктурных объектов и социальных программ, с другой – дает возможность частному бизнесу вкладывать деньги и получать интересующую его прибыль.

Первенство по внедрению ГЧП долгое время удерживает Великобритания, где за последнее десятилетие было реализовано проектов ГЧП на сумму свыше \$40 млрд. при ежегодном привлечении из частного сектора до \$8-10 млрд. [9, с. 45]. Ежегодно заключается до 80 новых соглашений. По данным британского правительства, такие проекты обеспечивают 17% экономии для бюджета страны [4].

По данным отчета Лондонской международной финансовой службы, занимающейся поддержкой экспорта британских финансовых услуг, проекты на основе ГЧП разрабатываются сейчас в 60-ти странах мира [5].

В современном понимании ГЧП – «это институциональный и организационный альянс между государством и бизнесом в целях реализации национальных и международных, масштабных и локальных, но всегда общественно-значимых проектов и программ в широком спектре сфер деятельности: от развития стратегически важных отраслей промышленности и НИОКР до обеспечения общественных услуг» [4].

Каждый такой альянс является временным, поскольку создается, как правило, на определенный срок в целях осуществления конкретного проекта и прекращает свое существование после его реализации.

Кроме того, партнерство предполагает конструктивное взаимодействие партнеров (государства и бизнеса) при решении значимых для экономики проблем (к которым относится, по мнению автора, и проблема развития трудового персонала территории), обеспечивающее синергетический эффект от «сложения» разных ресурсов и «выгодное» каждой из сторон. В этом случае ГЧП опирается на горизонтальный характер отношений, а не вертикальный.

Проекты ГЧП имеют ряд особенностей. Один из субъектов ГЧП – государство в лице федеральных и региональных органов власти. Другой субъект – коммерческая структура, предприятие, действующее на основе частного капитала. Объектом выступает, как правило, общественная услуга или объект инфраструк-

туры, имеющие социально ориентированное значение. Таким образом, результатом государственно-частного партнерства выступают такие услуги или элементы инфраструктуры, которые призваны удовлетворять потребности не сторон договора, а третьих лиц – потребителей услуг или продукции в той или иной форме.

Кроме того, к характерным особенностям партнерства могут быть отнесены следующие: все проекты заключаются путем конкурсного отбора и осуществляются под постоянным контролем государства [6, с. 125].

Важной задачей государства при этом становится поиск форм партнерства с бизнесом и смягчения неизбежно возникающих при этом проблем и противоречий, поскольку каждая сторона стремится получить как можно больше прав, одновременно стараясь взять на себя минимальное количество обязательств и рисков.

Выгода от сотрудничества проявляется в возможности государства реализовать социально-значимые проекты с меньшими затратами, увеличить качество предоставляемых услуг, обновить основные фонды с сохранением стратегического контроля за их использованием, а также привлечь эффективных управленцев. Для частного инвестора выгода, например, заключается в следующем: бизнес получает доступ к реализации стратегически значимых проектов и интеллектуальным ресурсам государства, гарантированную властями оплату вложений инвестора в рассрочку, возможность покрытия части затрат инвестора из налоговых поступлений в госбюджет и за счет платежей потребителей услуг; получение бюджетных гарантий и т.п.

Сегодня ГЧП определено как важнейшее направление деятельности Правительства Российской Федерации. Однако к проблемам сдерживания становления современных финансово-экономических структур, обслуживающих инновационную сферу Президент РФ В.В. Путин отнес, с одной стороны, сохранение «большого разрыва в связи учебных заведений с предприятиями и научными организациями» и, с другой стороны, то, что «само бизнес-сообщество тоже слабо подает сигналы образовательной среде, не выдвигает реальный запрос на инновационное обновление профессиональных образовательных стандартов» [8, с. 7]. Преодолеть разрывы можно за счет формирования ГЧП в сфере инноваций, которое, как показывает международный опыт, является

действенным механизмом повышения инвестиций и привлечения управленческого опыта в государственный сектор. Активным участником процесса формирования ГЧП в сфере инноваций должны выступать учреждения профессионального образования, которые обладают высококвалифицированными научными и педагогическими кадрами, способными не только осуществить разработку и поддержать трансфер технологий в реальный сектор экономики, но и подготовить персонал обеспечивающий использование высокотехнологичных разработок на практике [3, с. 99].

Однако в России к настоящему времени ГЧП в сфере инноваций (а именно оно, по мнению автора, способно позволить преодолеть разрывы, сдерживающие как развитие ТП, так и инновационное развитие территории) не получило достаточного распространения на уровне субъектов Федерации, так как только формируется нормативно-правовая база на федеральном уровне.

ГЧП в сфере инноваций можно рассматривать как делегирование прав на коммерческое использование государственной интеллектуальной собственности (а в ряде случаев и интеллектуального потенциала государственного сектора экономики) на определенный срок частному сектору. Чаще всего разработчиком и держателем государственной интеллектуальной собственности выступает территориальный комплекс профессионального образования, аккумулирующий на территории лучшие научные кадры. Именно поэтому формирование ГЧП в

сфере инноваций должно опираться на межсекторальное партнерство, включающее не только государственные органы власти различного уровня и бизнес-структуры, но и территориальный комплекс профессионального образования. Модель «ГЧП-инноватор» (рис. 1), рассматриваемая как базовая, основана на инициации механизма реализации инноваций со стороны государства, доведении инновации до технологической и производственной реализации выбранной на конкурсной основе компанией, обладающей необходимым капиталом и производственной базой современного уровня, на которой работают высококвалифицированные специалисты [6, с. 44]. Согласно данной модели компания активно взаимодействует в процессе реализации с разработчиком (и/или держателем, и/или распорядителем) государственной интеллектуальной собственности, определяющей инновационный процесс (университетскими центрами), а одним из основных элементов, обеспечивающих инновационное развитие, выступают высококвалифицированные кадры.

В условиях концентрации научного потенциала территорий в государственных образовательных учреждениях научные разработки, осуществляемые в их стенах, становятся собственностью государства, у которого есть заинтересованность в их последующей реализации, но нет возможностей для внедрения. В условиях предоставления доступа к инновациям частному капиталу и возможно возникновение взаимной заинтересованности сторон.

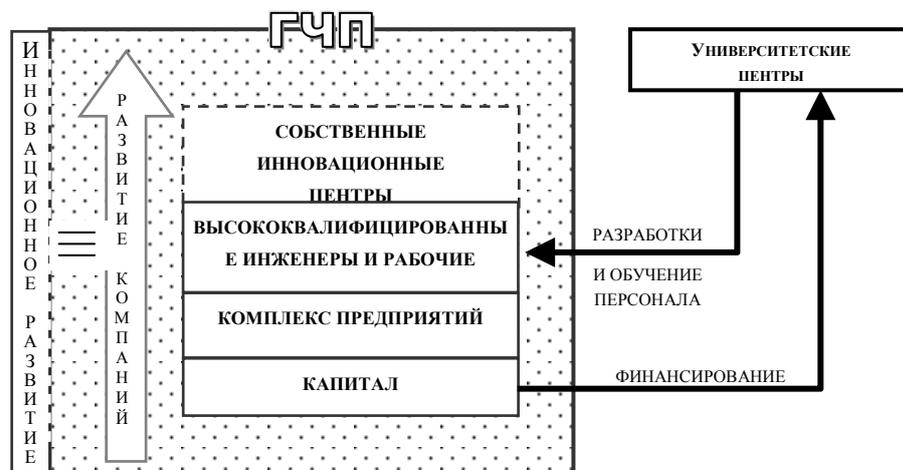


Рисунок 1 – Модель инновационного развития «ГЧП-инноватор»

В этом случае взаимовыгодность партнерства не вызывает сомнения, так как помимо реализации уже выполненных научных разработок осуществляется формирование новых практико-ориентированных научных направлений, баз практики для студентов, обучающихся в данных университетских центрах, а кроме того, привлекаются средства частного бизнеса к софинансированию интересующих его разработок и формированию новой интеллектуальной собственности в государственном секторе экономики.

Инновационное развитие в этом случае означает развитие, в первую очередь, самой компании, реализующей механизм внедрения инновации и ориентированной на получение дохода от этого процесса.

Как показывает мировой опыт, ГЧП имеет широкий спектр разновидностей, четыре из которых контрактные: контракты на выполнение работ и оказание общественных услуг, поставка продукции для государственных нужд; контракты технической помощи; контракты на управление, лизинг представляют собой различные варианты контрактной системы. Следующие три – соглашения о разделе продукции; инвестиционный контракт; концессии и близкие к ней формы. И, наконец, последняя форма – акционирование, долевое участие частного капитала в государственных предприятиях, совместные предприятия имеет множество типов в зависимости от степени участия государства, организационных форм и т.д. [1, с. 13].

Рассмотрим некоторые разновидности взаимодействия государства и реального бизнеса в сфере инноваций:

Привлечение частных подрядчиков при сохранении государственного контроля над процессом реализации инновации, инвестициями и собственностью [6, с. 16].

В этом случае государственные органы власти привлекают частные организации для выполнения одной или нескольких конкретных задач в рамках механизма реализации инновации. Государство остается основным собственником инновации (как интеллектуальной собственности) и передает только право на частичную реализацию ее или любого из этапов реализации. Частная фирма обязана реализовывать инновацию или ее составляющую по определенным в контракте условиям и цене. Такая форма партнерства ориентирована на привле-

чение частного бизнеса к решению нескольких узких, определенных задач, а срок контракта допускает четкую детерминацию до его подписания и не превышает 5-7 лет [6].

Таким образом, все финансовые операции в данном случае, сопровождающие механизм внедрения инновации, осуществляются через государственные органы, частный подрядчик не связан через реализацию инновации с конечными потребителями товаров и услуг. К преимуществам такого партнерства можно отнести малый риск для частного сектора. Недостатками является привлечение незначительных сумм частного капитала, на государственном уровне остается ответственность за решение многих наиболее сложных вопросов реализации инновации. Кроме того, органы государственной власти будут предпочитать заключать контракт с компанией, предлагающей наиболее низкую цену, а не с подрядчиком, предоставляющим наиболее качественные услуги по реализации механизма внедрения инновации, что не обязательно приведет к хорошим результатам.

Эксплуатация инновации и инвестиций со стороны частной компании при сохранении государственного контроля и собственности.

Расширение участия частного капитала в процессе реализации инновации осуществляется без передачи прав собственности на нее. Решение вопроса возможно за счет участия частных компаний в общей схеме эксплуатации инновации. По контракту частная фирма реализует и эксплуатирует инновацию до 15-20 лет.

Органы государственной власти должны иметь возможность точно определять результаты реализации инновации и анализировать эффективность этого процесса.

Создание совместных предприятий под инновационный проект.

Государственные и частные компании вступают в совместную собственность, принимая на себя ответственность за организацию механизма внедрения и реализации инновации. Они могут создать новую компанию либо разделить право собственности на уже существующую.

За инвестирование отвечают партнеры со стороны государства и частного сектора. Существует сложность передачи интеллектуальной собственности и имущества, а также склонность частных компаний фокусировать свое внимание на практическом результате, а

государственных органов власти – на работе предприятия.

Концессионные контракты.

Концессия – это система отношений между, с одной стороны, государством (концедентом) и, с другой стороны, частным юридическим или физическим лицом (концессионером), возникающая в результате предоставления концедентом концессионеру прав пользования государственной собственностью по договору, за плату и на возвратной основе, а также прав на осуществление видов деятельности, которые составляют исключительную монополию государства [1, с. 17].

Например, частному подрядчику передается вся ответственность за предоставление коммунальных услуг в конкретной местности. Концессионер отвечает за любые инвестиции.

При этом государственный сектор утверждает уровень производительности и качества, осуществляет контроль. Частные предприятия отвечают за все капитальные и эксплуатационные расходы.

Такое партнерство является эффективным способом привлечения капитала как для строительства новых объектов, так и для реконструкции, но таких компаний немного, так как требования к ним велики. Также необходимость государственного контроля и сложность в разработке тарифов являются еще одним препятствием.

Полная передача прав собственности на инновацию частному сектору.

Частный сектор несет ответственность за внедрение, эксплуатацию инновации на предприятии и инвестиций, сопровождающих этот процесс. Но в отличие от концессии передача прав собственности на инновацию позволяет частному сектору вступить в полное владение ею, как нематериальным активом предприятия, правительство лишь осуществляет регулирование, надзор за приватизированной интеллектуальной собственностью.

Создание малого инновационного бизнеса, ассоциаций по эксплуатации инновационных технологий.

Малые предприятия опираются на местный опыт, гибко и адаптивно реагируют на изменения конъюнктуры рынка, что приводит к созданию более устойчивой инновационной инфраструктуры. Но малые предприятия имеют небольшой масштаб, ограничены в финансовых средствах и желании взаимодействия с офици-

альными государственными системами. Кроме того, малые предприятия включаются в механизм реализации инноваций чаще всего на последних стадиях.

ГЧП в сфере инноваций ориентировано на обеспечение максимального ускорения процесса внедрения нововведений в реальное производство, снижение связанных с данным процессом удельных издержек, повышение уровня использования инновационного потенциала территорий. Это невозможно осуществить без поддержки и стимулирования развития ТП, что должно определяться «нацеленностью системы начального, среднего, высшего профессионального образования на реализацию запросов технологического сектора экономики» с ориентацией на «востребованность тех людей, которые получили образование» [2, с. 17-18].

Таким образом, для формирования ГЧП в сфере инноваций необходимы не только новые высокотехнологичные разработки и поддержка их внедрения, но и следующие условия:

- целевая подготовка специалистов, способных реализовать инновации на практике в определенной сфере промышленности;
- поддерживающая формирование и функционирование ГЧП система непрерывной профессиональной подготовки кадров ПТУ – ССУЗ – ВУЗ;
- поддержка «перетока» трудовых ресурсов в сферу промышленности;
- компетентностная подготовка специалистов;
- целенаправленная миграционная политика и др.

Существуют различные разновидности взаимодействия государства и частного бизнеса в сфере инновации, для которых обязательно соблюдение ряда условий:

- долгосрочный характер, что позволяет обеим сторонам осуществлять стратегическое планирование своей деятельности, соотнося ее с жизненным циклом инновации;
- отсутствие ограничений на принятие административно-хозяйственных и управленческих решений частным сектором при реализации механизма внедрения инноваций;
- сохранение у государства рычагов воздействия на эксплуататора инноваций в случае нарушения им условий партнерства и возникновения необходимости защиты общественных интересов;

-передачу частному бизнесу только права владения и пользования при сохранении за государством права распоряжения интеллектуальной собственностью;

-необходимость опоры на высококвалифицированные кадры, а, следовательно, заинтересованность всех партнеров в развитии ТП территории.

Такие условия нивелируют политические риски и дают возможность для формирования эффективного частного инновационного менеджмента. Задача органов государственной власти состоит в том, чтобы не принимать участие в управлении процессом внедрения и реализации инноваций, а только отслеживать через систему мониторинга и целевых показателей, насколько партнер выполняет свои обязанности, и применять рычаги воздействия только в случае нарушения им условий партнерского договора.

Таким образом, ГЧП в сфере инноваций – это реально действующий механизм, способствующий развитию инновационной сферы и ТП территории, основными измерениями которого являются не только распределение рисков, уровень обязательств государственного и частного секторов, продолжительность во времени, право собственности на активы, но и уровень профессиональной компетенции кадров, вовлекаемых в процесс создания, апробации и внедрения инноваций.

Приход бизнеса в сферу инноваций – одно из перспективных направлений развития сотрудничества государства и бизнеса. Успешное применение ГЧП в сфере инноваций, как показывает зарубежная практика, позволяет одновременно реализовать возможности и инновационные ресурсы контрагентов – частного и государственного секторов. Для государства приоритетным является реализация инноваций в соответствии со стратегическими интересами, для бизнеса – оказание услуг с наименьшими издержками по приемлемой цене; привлечь опытных управленцев из частного бизнеса, преодолев государственную неэффективность в управлении инновациями и позволив обществу получать более высокотехнологичные и качественные услуги; снизить нагрузку на бюджет, так как внедрение инноваций чаще всего явля-

ется капиталоемким процессом; создать платформу для налаживания диалога между государством и бизнесом; осуществить реконструкцию инновационной инфраструктуры, которая формирует базу и возможности устойчивого развития страны.

Литература

1. Варнавий В. Государственно-частное партнерство в России: проблемы становления//Отечественные записки. – 2004. – № 6 (21). – С. 13-29.
2. Войнаренко М.П. Кластерные модели объединения предприятий в Украине//Экономическое возрождение России. – 2007. – № 2 (12). – С. 75-86.
3. Генг В.А., Гайдукова Н.С. Процессы моделирования персонификации повышения квалификации в образовательной среде современной России // Вестник ТвГУ, Серия: Экономика и управление. 2013. № 28(Выпуск 20) . С. 96-105.
4. Ефимова Л.И. Некоторые модели государственно-частного партнерства: тенденции и зарубежный опыт//Материалы семинара «Государственно-частное партнерство: новые концепции развития транспортной инфраструктуры», 15 апреля 2003 г. – Тверь: Изд-во Тверского ИнноЦентра, 2006. – С. 31-46.
5. Кудинов А.Н., Лурье Е.А. Территории инновационного развития и базовые модели новой экономики//Материалы VII Всесибирского инновационного форума, Томск 6-8 октября, 2004. – Тверь: Тверской ИнноЦентр, 2005. – С. 63-81.
6. Лапушинская Г.К. Возможности использования государственно-частного партнерства в сфере инноваций//Научно-методический сборник «Новая региональная политика и ее инновационные ориентиры». – Тверь: Тверской ИнноЦентр, 2006. – № 18. – С. 43-65.
7. Никонорова О.О. Частно-государственное партнерство как элемент национальной инновационной системы//Вестник Тверского государственного университета. – 2006. – № 11. – С. 123-128.
8. Путин В.В. Выступление на заседании Совета при Президенте Российской Федерации по науке, технологиям и образованию//Стенографический отчет 17.10.2006., Зеленоград, НИИМЭ и завод «Микрон». – Тверь: Изд-во Тверского ИнноЦентра, 2006. – С. 5-7.
9. Царев М.В. Международный опыт развития партнерских отношений государства и бизнеса//Тверская перспектива. – 2005. – С. 42-54.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТОРГОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

О.Е. Пирогова¹

*Санкт-Петербургский государственный торгово-экономический университет
(СПбГТЭУ), 194021, Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 50*

В статье рассматриваются проблемы внедрения экологических аспектов устойчивого развития в деятельность торговых предприятий. Основное внимание уделено анализу внедрения принципов экологической самовосстанавливаемости и динамической адаптивности торговых предприятий.

Ключевые слова: торговое предприятие, устойчивое развитие, корпоративная социальная ответственность, экологическая ответственность, динамическая адаптивность.

ECOLOGICAL ASPECTS OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN ACTIVITY OF TRADE ENTERPRISES

O. E. Pirogova

The article deals with the problem of integrating ecological aspects of sustainable development in the activities of commercial enterprises. Emphasis is placed on the analysis of the implementation of the principles of ecological self recoverability and dynamic adaptability of trading enterprises .

Keywords: Trading enterprise , sustainable development , corporate social responsibility , environmental responsibility , dynamic adaptability .

За последние годы представление о бизнесе, как о деятельности, единственной целью которой, является извлечение прибыли в мировом сообществе значительно изменилось. На сегодняшний день бизнес рассматривают как деятельность человека, неразрывно связанную как с социальными, так и экологическими аспектами. Перед менеджерами и собственниками бизнеса в различных отраслях экономики встают новые задачи. Одной из важных задач для бизнеса является решение вопроса о том, как совместить повышение эффективности экономической деятельности со снижением негативного воздействия на окружающую среду и повышением энергоэффективности.

Для предприятий торговой отрасли эти задачи также являются актуальными. Торговая отрасль сегодня является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей мировой экономики, которая не только обеспечивает дистрибуцию готовых потребительских товаров, но и создаёт миллионы рабочих мест. С другой стороны, активная коммерческая деятельность приводит к негативному воздействию на окружающую среду.

В качестве основных экологически вредных факторов в деятельности торговых предприятий можно отметить такие факторы, как высокое энергопотребление, высокое водопотребление, высокий уровень отходов, выхлопы углекислого газа, выхлопы парниковых и озоноразрушающих газов и т.д. Данные факторы проявляются в процессе транспортировки

товаров, неэффективного хранения и т.д., поэтому возникает необходимость поставить вопрос о переходе торговых предприятий к модели устойчивого развития, при котором интересы будущих поколений ставятся наравне с интересами сегодняшних поколений.

Актуальность данной статьи обусловлена тем, что возрастающая роль международных экологических организаций, таких как Гринпис, ЮНЭП, Всемирный фонд дикой природы и др., вместе с набирающим популярность трендом так называемого «зелёного потребления» (заключающегося в приобретении, использовании и переработки экологически дружественных товаров и услуг) приводят к тому, что всё больше компаний вынуждены принимать меры по снижению своего негативного воздействия на окружающую среду.

В настоящее время западные компании в разных отраслях экономики уделяют всё большее внимание своему имиджу, на который оказывает существенное влияние вклад компании в решение глобальных социальных и экологических проблем. Среди потребителей, особенно в развитых странах, также наблюдается растущий интерес к товарам и услугам, которые наносят меньше вреда окружающей среде, чем их аналоги. В целях повышения своей социальной ответственности крупные компании активно включаются в работу по предоставлению информации о собственном вкладе в устойчивое развитие.

¹Оксана Евгеньевна Пирогова – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры финансов, денежного обращения и кредита ФГБОУ ВПО «СПбГТЭУ», тел. +7 921 934 14 43, e-mail: movn@list.ru

В настоящее время отчетность в области устойчивого развития развивается в нескольких направлениях. Одним из таких направлений является отчетность о корпоративной социальной ответственности [1].

В настоящее время разработан и введен в действие стандарт ИСО 26000:2010 «Руководство по социальной ответственности» [2]. В этом стандарте раскрывается сущность корпоративной социальной ответственности и ее роль в общей системе обеспечения устойчивого развития. Главным положением данного стандарта является утверждение, что корпоративная ответственность бизнеса может оказывать существенное позитивное влияние на состояние развития общества и сделать значительный вклад в реализацию основных принципов устойчивого развития. В соответствии со стандартом корпоративная социальная ответственность – это ответственность организации за воздействие её решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этичное поведение. Стандарт определяет следующие критерии для этичного поведения организации [2].

1. Содействие устойчивому развитию;
2. Взаимодействие со всеми заинтересованными сторонами;
3. Содействие применяемому законодательству и согласованность с международными нормами поведения;
4. Принципы этичного поведения интегрированы в основную стратегию организации и применяются в её взаимоотношениях с другими организациями.

Стандарт также раскрывает основные стороны социальной ответственности:

1. Организационное управление.
2. Права человека.
3. Трудовые практики.
4. Окружающая среда.
5. Добросовестные деловые практики.
6. Проблемы, связанные с потребителями.
7. Участие в жизни сообществ и их развитие.

Как видно из содержания корпоративной социальной ответственности одним из ее элементов является окружающая среда, т.е. в соответствии со стандартом при составлении отчета о корпоративной социальной ответственности компания должна отражать свой вклад в снижение нагрузки на окружающую среду. Вместе с тем, очевидно, что данный аспект является аспектом экологическим.

Концепция устойчивого развития основана на органическом взаимодействии трех элементов – экономики, экологии и социальной сферы. Данные аспекты являются равноправными в смысле значимости, именно на взаимосвязывании этих трех аспектов возможно достижение синергетического эффекта и решение сложнейших задач развития, которые стоят перед человечеством [3].

Основным постулатом экологического подхода в концепции устойчивого развития является тезис о том, что удовлетворение потребностей в настоящем не должно, сокращать возможностей существования будущих поколений. Данный тезис подразумевает постепенный отказ от невозобновляемых источников и переход к использованию возобновляемых источников в своей деятельности, всемерное снижение экологической нагрузки на окружающую среду. С экологической точки зрения устойчивое развитие должно обеспечивать целостность природных систем и ареалов в широком смысле этого слова, включая созданную человеком среду, такую как населенные пункты, при этом основное внимание должно уделяться сохранению и развитию способностей к самовосстановлению и динамической адаптации к изменениям.

На наш взгляд такое положение обусловлено тем, что в настоящее время экология и экологические аспекты рассматриваются в узком смысле природоохранной деятельности. Если обратиться к законодательству, в том числе и отечественному, то в основном оно имеет природоохранную направленность, и определяет стандарты экологической безопасности, которые подразумевают поддержание влияния вредных факторов в допустимых диапазонах.

Это связано также и с отсутствием единого взгляда на определение экологии. В настоящее время под экологией понимается междисциплинарная наука о взаимодействии человека, организаций и человеческого общества с окружающей средой. Т.е. современное понимание экологии должно быть намного шире. Это не только природоохранная деятельность, энергосбережение и снижение воздействия на окружающую среду, но и расширение возможностей системы «человек-общество-природа» к самовосстановлению и динамической адаптации [3].

Еще одна важная проблема, которая затрудняет внедрение экологических инициатив и новаций в деятельность торговых предприятий, заключается в отсутствии внятных методов оценивания положительного экономического эффекта и снижения уровня экологических рисков [5]. Дело в том, что большая часть экологических инициатив вызывают отложенный положительный эффект, т.е. положительный эффект проявляется только спустя определенное время. В тоже время затраты на экологическую инициативу предприятие несет сейчас.

Несмотря на указанные трудности, отечественные торговые предприятия стараются внедрять современные экологические новации и способы деятельности, позволяющие снижать воздействие на окружающую среду.

В настоящее время можно выделить следующие основные направления внедрения экологических новаций в деятельности торговых предприятий [4]:

1. Работа с упаковкой. Отказ от бесплатной одноразовой полиэтиленовой упаковки и внедрение многоразовой упаковки, или упаковки из вторично переработанного сырья позволяет существенно снизить использование полиэтиленовых пакетов и как следствие снизить загрязнение окружающей среды.

2. Оптимизация логистики. Применение современных логистических терминалов и оптимизация маршрутов и времени доставки товара в торговые точки позволяет снизить пробег автотранспорта, расходы на бензин, а также уменьшить выбросы углекислого газа в атмосферу.

3. Использование энерго- и ресурсосберегающих технологий в торгово-технологических процессах. Использование в освещении экологически чистых и энергосберегающих ламп позволяет существенно снизить загрязнение окружающей среды ртутью, а также снизить расходы как на электричество, так и на сами осветительные приборы, так как время работы светодиодных ламп в 10 – 100 раз больше, чем традиционных ртутных ламп дневного освещения. Также отмечается использование современного холодильного оборудования, работающего на хладагентах, не разрушающих озоновый слой.

4. Снижение потребления бумаги на рекламу. Работа по снижению потребления бумаги на рекламу заключается в снижении расхода бумаги на рекламную продукцию.

5. Использование возобновляемых источников энергии. Зарубежные торговые сети активно используют возобновляемые источники энергии для снижения воздействия на окружающую среду. Так, компания Tesco пытается использовать системы утилизации дождевой воды, и солнечной энергии.

С другой стороны, ряд аспектов в деятельности торговых предприятий в настоящее время не рассматривается и не используется для внедрения экологических инициатив.

Во-первых – недостаточная информационная поддержка экологических инициатив. Отечественные предприятия уделяют недостаточно внимания внедрению современных информационных технологий для продвижения экологических инициатив. Так, например, видеомониторы, установленные в магазинах Пятерочка компании X5 Retail Group в основном используются для воспроизведения рекламных роликов, в то время как экологические инициативы компании не находят отражения. Как следствие, слабое использование возможностей современного медиа-пространства для популяризации экологических новаций, выливается в недостаточную ознакомленность и осведомленность, а также недостаточную экологическую грамотность покупателей.

Современные медиа-технологии позволяют предприятиям торговли активно воздей-

ствовать на выбор и предпочтения покупателя, например при выборе варианта экологической упаковки, а также при выборе линейки экологически чистых продуктов.

Таким образом, важным является использование современных информационных технологий с целью реализации одного из важнейших принципов экологического аспекта устойчивого развития – самовосстановления и динамической адаптации системы человек-общество-

Во-вторых, отсутствие долгосрочных целевых программ снижения негативного воздействия на окружающую среду. Анализ показывает, что ряд новаций, например, оптимизация логистики, несет в себе прямые экологические выгоды, однако большая часть экологических новаций могут показывать свою эффективность только на продолжительном временном интервале. Следовательно, и оценивать экономическую, экологическую и социальную эффективность программ возможно оценить только на продолжительном временном интервале. Зачастую торговым предприятиям приходится находить компромисс между экономической эффективностью и экологической результативностью внедряемых экономических новаций. Данная проблема может быть разрешена на основе использования жизненного цикла экологической новации.

В третьих, недостаточная регулятивная роль государственных органов. Как отмечают многие исследователи, в настоящее время государство проводит экологическую политику в основном компенсационного типа, направленную на снижение вредного воздействия на окружающую среду, снижение уровня экологических рисков. В тоже время механизмы положительной мотивации практически не используются. Такие методы стимулирующей или положительной мотивации, как льготное налогообложение, ускоренная амортизация, льготное кредитование, льготное страхование, специальные механизмы ценообразования на экологически чистую продукцию практически не используются.

Подводя итог, можно сделать вывод о том, что отечественные торговые предприятия находятся в начале пути внедрения экологических новаций. Основным видом экологических новаций, внедряемых в настоящее время отечественными предприятиями торговли, являются компенсационные механизмы, позволяющие снизить отрицательное воздействие на окружающую среду. В тоже время механизмы активного воздействия и стимулирования экологических новаций как на уровне предприятий торговли, так и на уровне государства используются в недостаточной степени.

Литература

1. Матягина А.М. Смирнова Е.В. Экологически ответственный бизнес. – М.: ФОРУМ, 2011. 192 с.
2. ИСО/ОПМС 26000:2010(R) Руководство по социальной ответственности // Режим доступа: http://www.ksovok.com/doc/iso_fdis_26000_rus.pdf (дата обращения 12.10.2014)
3. Колотырин К.П. Экономические инструменты стимулирования природоохранной деятельности / К.П. Колотырин // Вестник Саратовского государственного технического университета, 2009. – №1 (37). – С. 186-196.
4. Бобылев С.Н. Экономика природопользования: Учебник / С.Н. Бобылев, А.Ш. Ходжаев – М.: ИНФРА-М, 2007. – 142с.
5. Кабанцева Н.Г., Кабанцева В.С. Страхование как механизм защиты от экологических рисков: (Монография) / Н.Г. Кабанцева, В.С. Кабанцева. – Саратов: Изд-во Саратов. ин-та РГТЭУ, 2012. – 92с.

УДК 681.3

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ БАЙЕСОВСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В.Г. Котельников¹, М.Г.Миленин², Г.С.Лазурина³

¹*Финансовый университет при правительстве Российской Федерации
125993, ГСП-3, Москва, Ленинградский проспект, 49;
Тверской государственный университет (ТвГУ), 170100, г. Тверь, ул. Желябова, 33.*

Политика энергоэффективности может быть успешной, если она является частью производственной политики предприятий. Энергоэффективность может стать значительным энергетическим ресурсом. В статье предложена комплексная модель для оценки энергоэффективности инвестиционных проектов в промышленности на основе методологии байесовских интеллектуальных технологий. Определены составляющие комплексной оценки. Даны формулы для вычисления финансовых показателей энергоэффективности инвестиционных проектов в условиях неопределенности.

Ключевые слова: энергоэффективность, оценка, байесовские интеллектуальные технологии.

THE ESTIMATION OF ENERGY EFFICIENCY OF INVESTMENT PROJECTS ON THE BASIS OF BAYESIAN INTELLIGENT TECHNOLOGIES

V.G.Kotelnikov, M.G.Milenin, G.S.Lazurina

*Financial University under the Government of the Russian Federation,
125993, GSP-3, Moscow, Leningradsky Avenue, 49;
Tver state university (TvGU), 170100, Tver, Zhelyabov St., 33.*

Energy efficiency policy can only be effective if it is a part of overall industrial policy. Energy efficiency must become the largest energy resource. The complex model for energy efficiency of investment projects estimation has suggested in this paper. The components of complex model are defined. The formulas for financial characteristics of energy efficiency are given for conditions of a priori uncertainty.

Keywords: energy efficiency, estimation, Bayesian intelligent technologies.

В современной методической литературе понятие энергоэффективности не имеет общепринятого определения. В целом это понятие связано с рациональным использованием энергетических ресурсов, их экономией и оптимизацией. Энергоэффективность при современных подходах к ее определению может рассматриваться как комплексная система (сложный виртуаль-

ный объект), состоящая из ряда подсистем, каждая из которых определяет показатели энергоэффективности в какой-либо конкретной сфере человеческой деятельности. К числу таких показателей можно отнести удельные показатели расхода топлива, потребляемого энергоресурса (тепла, горячей воды), потерь в распределительных сетях и другие показатели.

¹*Котельников Валерий Григорьевич – доктор технических наук, профессор, профессор Финансового университета при Правительстве РФ, тел.: +7926 233 93 80, e-mail: for_kotvaler@mail.ru;*

^{2,3}*М.Г.Миленин, Г.С.Лазурина - аспиранты ТвГУ, тел.: (4822) 35-60-63, (4822) 34-24-52, e-mail: rector@tversu.ru*

Как правило, на практике рассматривается и оценивается энергоэффективность уже существующих объектов и систем, даются и реализуются рекомендации по ее осуществлению. Эта задача достаточно сложна и слабо формализована. Однако, результаты ее решения можно пронаблюдать, оценить и измерить некоторые показатели. Задача оценки энергоэффективности значительно усложняется, когда она рассматривается применительно к реализации инвестиционного проекта, где еще не создан объект, и существуют лишь возможности и риски его реализации. Степень неопределенности в этой значительно выше, а, следовательно, значительно выше и сложность получения оценки энергоэффективности проектируемой системы.

В соответствии с общими тенденциями оценки эффективности проектов как комплексной системы, включающей не только финансовые, но и социальные, общественнозначимые факторы, оценку энергоэффективности целесообразно произвести с этих позиций.

Отказ от рассмотрения энергоэффективности инвестиционных проектов только с финансовых экономических позиций определен современными требованиями развития экономики и общества в целом. Так важнейшими составляющими энергоэффективности проектов и инноваций могут быть социально-ориентированные результаты, повышение качества и экологичности производств и продукции, стандартизации, автоматизации, информатизации и интеллектуализации производственных процессов, создание новых рабочих мест, лучших коллективов специалистов и экспертов, повышение уровня квалификации управленческого персонала, повышение эффективности работы с клиентами, поставщиками и многое другое, определяющее достижение различных преимуществ.

В данной работе рассматривается подход к оценке энергоэффективности промышленного предприятия, определяющих энергоэффективность в виде композиции следующих интегральных показателей: экономическая составляющая $Q^{(э)}$, стратегическая составляющая $Q^{(с)}$, производственная составляющая $Q^{(п)}$, маркетинговая составляющая $Q^{(м)}$, социальная составляющая $Q^{(сц)}$, клиентурная составляющая $Q^{(к)}$, проектная составляющая $Q^{(пр)}$, инновационная составляющая $Q^{(и)}$, инвестиционная составляющая $Q^{(ин)}$, «имиджевая» составляющая $Q^{(им)}$.

Модель с динамическими ограничениями для отдельных перечисленных показателей и в целом для оценки энергоэффективности может быть записана в виде свертки:

$$Q = Q^{(э)} \cdot Q^{(с)} \cdot Q^{(п)} \cdot Q^{(м)} \cdot Q^{(сц)} \cdot Q^{(к)} \cdot Q^{(пр)} \cdot Q^{(и)} \cdot Q^{(ин)} \cdot Q^{(им)} \quad (1)$$

Рассмотрим задачу оценки этих показателей эффективности, возможные способы их измерения на основе методологии байесовских интеллектуальных измерений, а затем применим их для получения оценки энергоэффективности конкретного проекта промышленного предприятия.

Экономическая эффективность определяется денежными единицами измерения. Всякий инвестиционный проект связан с затратами (издержками) и результатами. Затраты – это расход денег, результаты – получение денег (доход). Затраты и результаты могут быть мгновенными (точечными), текущими и перспективными. Точечные затраты называются инвестициями, под которыми понимаются вложения денег в прирост (увеличение) капитала. Текущие затраты – расход денег на производственную деятельность (зарплату, сырье, транспорт, налоги и т.д.). Текущие затраты считают за какой-нибудь период (месяц, квартал, год) и относят обычно к концу этого периода. Доходы также могут быть мгновенными (от продажи оборудования, финансовых активов, самого предприятия) или текущими (от продажи продукции). Текущие доходы также считают за некоторый период и относят к его концу. Таким образом, с финансовой точки зрения хозяйственная деятельность сводится к денежным потокам, притоку и оттоку денег. Чистый денежный поток – это сальдо (разность) между притоком и оттоком денег. Приток денег считается со знаком плюс, отток со знаком минус. Под энергоэффективностью в хозяйственной деятельности предприятия будем понимать разность или соотношение результатов и затрат с учетом одновременности тех и других при реализации инвестиционного проекта, содержащего мероприятия по обеспечению энергоэффективности.

Одинаковые денежные потоки в разное время имеют различную ценность. Денежные потоки можно привести к любому времени в будущем или прошлом.

Обозначим: P – сумма сейчас; S – сумма через год эквивалентная P ; I – процент; i – ставка наращивания (процентов); D – дисконт; –

процент, т.е. прирост P за год; –дисконт (учет), т.е. скидка с количества денег S , если ее хотят получить на год раньше.

Дисконтирование можно осуществлять не только по годам, но и по любым другим отрезкам времени, – кварталам, месяцам, неделям и даже дням. В любом случае t – порядковый номер этапа (отрезка времени) на оси времени, а r – ставка процента на отрезок времени (год, квартал, месяц, неделю, день); формула математического дисконтирования остается неизменной, меняются значения.

Проведем качественное различие денежных потоков.

Будем различать инвестиции на цели энергоэффективности как разовые точечные расходы на реализацию этой части проекта, приводящие к приросту капитала, и прибыль как чистый приток денег в результате данной производственной деятельности.

Есть две равноценные возможности вычисления чистого приведенного денежного потока:

а) вычислить чистый денежный поток в каждый отдельный отрезок времени, а затем произвести дисконтирование величины S_t ;

б) дисконтировать отдельно прибыль и инвестиции, а потом из дисконтированной прибыли вычесть дисконтированные инвестиции.

Воспользуемся второй возможностью согласно методикам, предложенным в [1,2]. Обозначим: P_0 – дисконтированная прибыль за счет энергоэффективности; I_0 – дисконтированные инвестиции в части мероприятий по обеспечению энергоэффективности; NPV – чистый приведенный денежный поток от реализации мероприятий по энергоэффективности.

Уточним, что принимается в качестве нормы дисконтирования r . Величину r назначает главное лицо по реализации проекта – человек, осуществляющий инвестиции. В качестве r он назначает ожидаемую им норму прибыли от инвестиций. Например, он может принять $r=i$, где i – банковская ставка процента по срочным депозитам. Если окажется, что $NPV=0$, то $r=i$, и эффективность (доходность) инвестиций равна эффективности (доходности) хранения денег на срочном депозите. Вряд ли в этом случае есть смысл заниматься инвестициями в энергоэффективное производство. Если $NPV>0$, то $r>i$, и инвестиции в производство эффективны.

NPV – это разность между дисконтированными прибылью и инвестициями. Иногда

эффективность проектов оценивается не разностью доходов и расходов, а их отношением. Обозначим PI – индекс рентабельности инвестиционного проекта в части его энергоэффективности.

Оценка эффективности проекта по индексу рентабельности: $PI>1$ – проект эффективен; $PI=1$ – оценка проекта нейтральна; $PI<1$ – проект неэффективен.

Оценка эффективности проекта по чистому приведенному денежному потоку и по индексу рентабельности дает одинаковый результат, т.к. между NPV и PI существует взаимно однозначное соответствие.

При оценке проекта по чистому денежному потоку (NPV) задается норма дисконтирования r и вычисляется NPV , по знаку которого и судят об эффективности проекта. Можно поступить по-другому: задать условие $NPV=0$ и вычислить величину r , которая в этом случае называется внутренней нормой рентабельности и в финансовом анализе обозначается IRR .

По определению:

$$IRR=r, \text{ при котором } NPV=0.$$

Если записать выражение $NPV=0$ в явном виде, получается уравнение, где неизвестной величиной является r :

Решение этого уравнения относительно r и дает внутреннюю норму рентабельности IRR . Уравнение это нелинейное, оно тем более высокого порядка, чем больше горизонт планирования T и, соответственно, степень неопределенности.

Использование РБП и технологий на его основе позволяют производить оценивание вышеперечисленных показателей и ситуаций в условиях их изменчивости, неопределенности информации и разнообразных рисков.

При этом основная формула для многоальтернативной оценки $h(t)$ чистого денежного дохода N_{pv} может быть представлена в виде уравнения байесовских интеллектуальных измерений в виде:

$$\{ h_{kt} \mid P_{kt} \} = \{ \arg \min C [\varphi_{jt} (x_{it} | y_{it})] \};$$

$$y_t = \{ A_t; O_t; M_t \}, \quad (2)$$

где: $\{ h_{kt} \}$ – многоальтернативная регуляризованная байесовская оценка (РБО) чистого денежного дохода из множества решений H_{kt} (значений оценок показателей, критериев, экономической эффективности в виде дисконтированного денежного потока и других), представляющего собой носитель соответствующей

шкалы, апостериорная достоверность каждого из которых определяется значением вероятности P_{kt} ; C – решающее правило (модифицированное для условий неопределенности байесовское решающее правило), оптимизирующее выбор решения h_{kt} по алгоритму φ_{jt} из множества алгоритмов Φ_{jt} , при наборе данных x_{it} из множества X_{it} , при данных условиях реализации измерения y_{it} состоящих из метрологических требований M_t , априорной информации A_t и ограничений и допущений O_t , имеющих место при формировании x_{it} для момента времени t .

Алгоритм φ_{jt} из множества алгоритмов Φ_{jt} , при наборе данных x_{it} реализует формулу расчета чистого денежного потока N_{pv} в зависимости от нормы дисконта E в условиях неопределенности информации в виде:

$$h_{N_{pv}} = \sum_{t=1}^{t_p} h(N_{pv} / (1 + E_p)^n), \quad (3)$$

где $t=1,2,\dots,t_p$ – шаг по времени на периоде $[0, t_p]$; характеризуется расчетным периодом t_p , длительностью шага l_t (месяц, квартал, полугодие, год) и параметром шага $n=t-1$.

При этом норма дисконта также имеет вид многоальтернативной регуляризированной байесовской оценки и оценивается по формуле:

$$h(E_p) = (h(E) + p) / (1 - p), \quad (4)$$

где E – норма дисконта, устанавливаемая без учета неопределенности и риска.

Многоальтернативная РБО нормы дисконта $h(E_p)$ (4) в этом случае отражает и доходность альтернативных направлений инвестирования, характеризующихся тем же риском, что и инвестиции в оцениваемый проект.

В величине поправки на риск учитываются, как правило, риски, связанные с реализацией инвестиционного проекта: страновой риск, риск ненадежности участников проекта или риск неполучения предусмотренных проектом эффектов.

Стратегическая эффективность в части ее зависимости от энергоэффективности определяется перспективностью и успешностью развития предприятия в будущих периодах. Если результаты проекта могут быть использованы для достижения этого эффекта, то считается, что степень стратегической эффективности

повышается. Показатели стратегической эффективности могут быть определены количественно и качественно. Для их измерения, как показано выше, могут быть разработаны и использованы шкалы с динамическими ограничениями, на которых будут определяться оценки в виде РБО.

В соответствии со структурой предприятия и содержанием инвестиционного проекта производственная составляющая энергоэффективности оценивается по вышеприведенным формулам для каждого подразделения предприятия. Причем, детализация оценки энергоэффективности возможна на любом уровне рассмотрения структуры предприятия для любого участка производства или производственного процесса. При этом эффективно применение принципов процессного подхода к оценке энергоэффективности.

В соответствии с формулой (1), на основе ШДО отдельных составляющих энергоэффективности путем свертки по модифицированной байесовской формуле составляется гиперкуб ШДО для оценки состояния энергоэффективности инвестиционного проекта в целом. В работах авторов [2-3] рассмотрены практические примеры оценки показателей энергоэффективности энергогенерирующих предприятий.

Литература

1. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция), Официальное издание, Рекомендации разработаны авторским коллективом в составе – В.В.Коссов, В.Н. Лившиц, А.Г. Шахназаров Москва. Экономика. 2000 г. – 421 стр.
2. Прокопчина С.В. Интеллектуальные сети энергетики и ЖКХ на основе регуляризирующего байесовского подхода. – Техничко-технологические проблемы сервиса № 4 (26), 2013 г., стр.99-103, ISSN 2074-1146.
3. Прокопчина С.В. Байесовские интеллектуальные технологии для аудита и управления сложными объектами в условиях значительной неопределенности. – Труды вольного экономического общества, сборник № 144, 2010 г., стр.109-118.

ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА ОСНОВЕ БАЙЕСОВСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

С.В.Прокопчина¹, А.Н. Ветров², А.О.Нестеров³

¹Финансовый университет при правительстве Российской Федерации
125993, ГСП-3, Москва, Ленинградский проспект, 49;

Тверской государственной университет (ТвГУ), 170100, г. Тверь, ул. Желябова, 33.

В статье рассмотрена возможность использования методологии когнитивных измерений для оценки показателей энергоэффективности. Приведены примеры применения методологии для энергообъектов.

THE MEASUREMENTS OF ENERGY EFFICIRNCY CHARACTERISTICS ON THE BASIS OF BAYESIAN INTELLIGENT TECHNOLOGIES

S.V.Prokopchina, A.N.Vetrov , A.O.Nesterov

Financial University under the Government of the Russian Federation,
125993, GSP-3, Moscow, Leningradsky Avenue, 49;

Tver state university (TvGU), 170100, Tver, Zhelyabov St., 33.

The possibilities of application of the methodology of cognitive measurement for the estimation of energy efficiency characteristics has suggested. The examples of cognitive measurement technologies for energy objects are developed.

Keywords: Energy efficiency, measurement, Bayesian intelligent technologies.

Объектами измерений современных измерительных систем являются сложные технологические, природные и экономико-социальные комплексы, активно взаимодействующие с окружающей средой, эволюционирующие и развивающиеся во времени и в пространстве, динамичные в своих характеристиках и связях с окружающей средой. Измерительные задачи, соответствующие таким объектам, связаны с принципиальной необходимостью организации измерительного процесса в условиях неопределенности информации об объекте и среде, динамичности постановки измерительной задачи (меняющихся моделей объекта и среды, их измеряемых свойств и характеристик, метрологических требований, условий измерений, ограничений и допущений меняющейся априорной информации), повышенными требованиями к скорости и качеству измерений.

Для решения подобных задач разработаны методология и системы байесовских интеллектуальных технологий (БИТ) на основе регулизирующего байесовского подхода [1-3]. В статье рассмотрена возможность применения методологии когнитивных измерений на

основе БИТ для оценки и измерения показателей энергоэффективности.

Расширение понятия «измерение» в методологии БИТ как в методологическом направлении обобщенной теории измерений, так и в информационно-технологическом, привело к созданию новых измерительных средств, способных измерять параметры сложных объектов в условиях значительной неопределенности информации о них.

Дальнейшее развитие этого направления теории измерений связано с вовлечением субъективной составляющей (измерителя) в измерительный процесс в качестве источника информации и в качестве аналитического «решателя» измерительной задачи.

В качестве «измерителей» могут быть лица, принимающие решения, эксперты, пользователи и другие лица.

Алгоритмы и технологии искусственного интеллекта позволяют сделать возможным извлечение знаний субъекта. Этому направлению посвящены многочисленные работы отечественных и зарубежных ученых в сфере искусственного интеллекта и мягких вычислений [1-3].

¹Прокопчина Светлана Васильевна – доктор технических наук, профессор, Финансовый университет при Правительстве РФ, тел.: +7 915 203 13 45, email: svprokopchina@yandex.ru;

²Ветров Александр Николаевич – профессор, профессор ТвГУ, моб.: +7(915)709-77-46, email: vetrov48@mail.ru;

³Нестеров А.О. – аспирант ТвГУ, тел.: (4822) 35-60-63, (4822) 34-24-52, e-mail: rector@tversu.ru

Активно развивающееся направление когнитивных технологий целиком направлено на решение этой задачи. Однако, в отличие от когнитивной графики, эти технологии находятся еще в начале разработок и не дают возможности на формальной основе использовать их решения в измерительном процессе, разрабатывать технологии и системы

Основная сложность привлечения в измерительный процесс и формализации знаний и умений измерителя состоит в необходимости их метрологического обоснования и технологической интеграции в измерительный процесс. Такая возможность реализована в методологии и технологиях когнитивных измерений на основе БИТ, предложенных в 2010 году проф. С.В.Прокопчиной [1].

Когнитивными названы измерения, в технологиях которых на формальной основе извлекаются и используются метрологически аттестованные знания и умения субъектов.

Основными базисными понятиями РБП и БИТ являются динамический компакт реше-

ний (ДКР), модель с динамическими ограничениями (МДО) и шкала с динамическими ограничениями (ШДО). Именно на их основе создаются новые измерительные технологии.

Рассмотрим их применение для реализации когнитивных измерений для оценки показателей энергообъектов и их энергоэффективности.

Определив состав и структуру свойств субъекта, можно приступить к формированию измерительных шкал ШДО для измерения данных свойств. Для измерения количественных характеристик можно использовать числовые ШДО. Например, для измерения КПД котла теплогенерирующей организации конструкция ШДО приведена на рис.1.

Для измерения качественных показателей рекомендуется использовать лингвистические ШДО. Примером может служить шкалы ШДО для измерения значимости решений субъекта и его личной заинтересованности в решении данной задачи (рис.2,3).

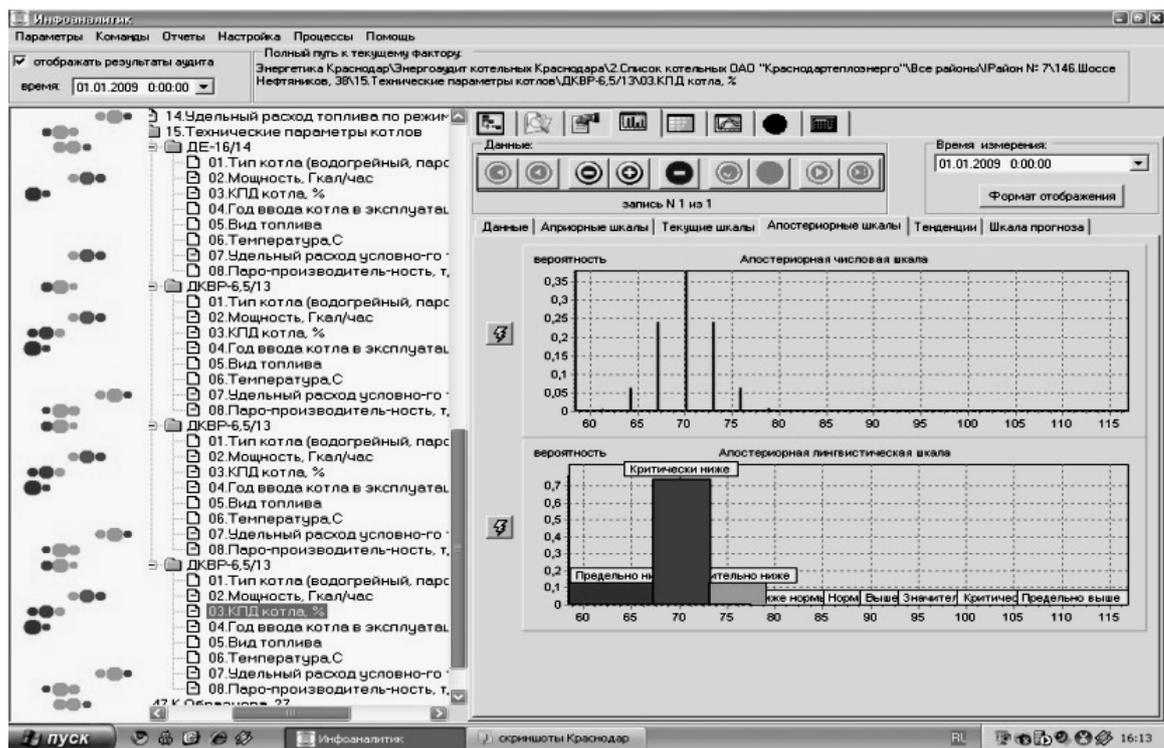


Рисунок 1 – Пример измерения КПД котла теплогенерирующей организации

Извлечение знаний и умений субъекта по методологии БИТ реализуется средствами платформы «Инфоаналитик». «Инфоаналитик» представляет собой программную среду, предназначенную для быстрой разработки приложений, которыми могут быть экспертные сис-

темы различного назначения, системы поддержки принятия решений; системы мониторинга сложных объектов, процессов, ситуаций; системы контроля и аудита, системы управления, многокритериальные системы и другие.

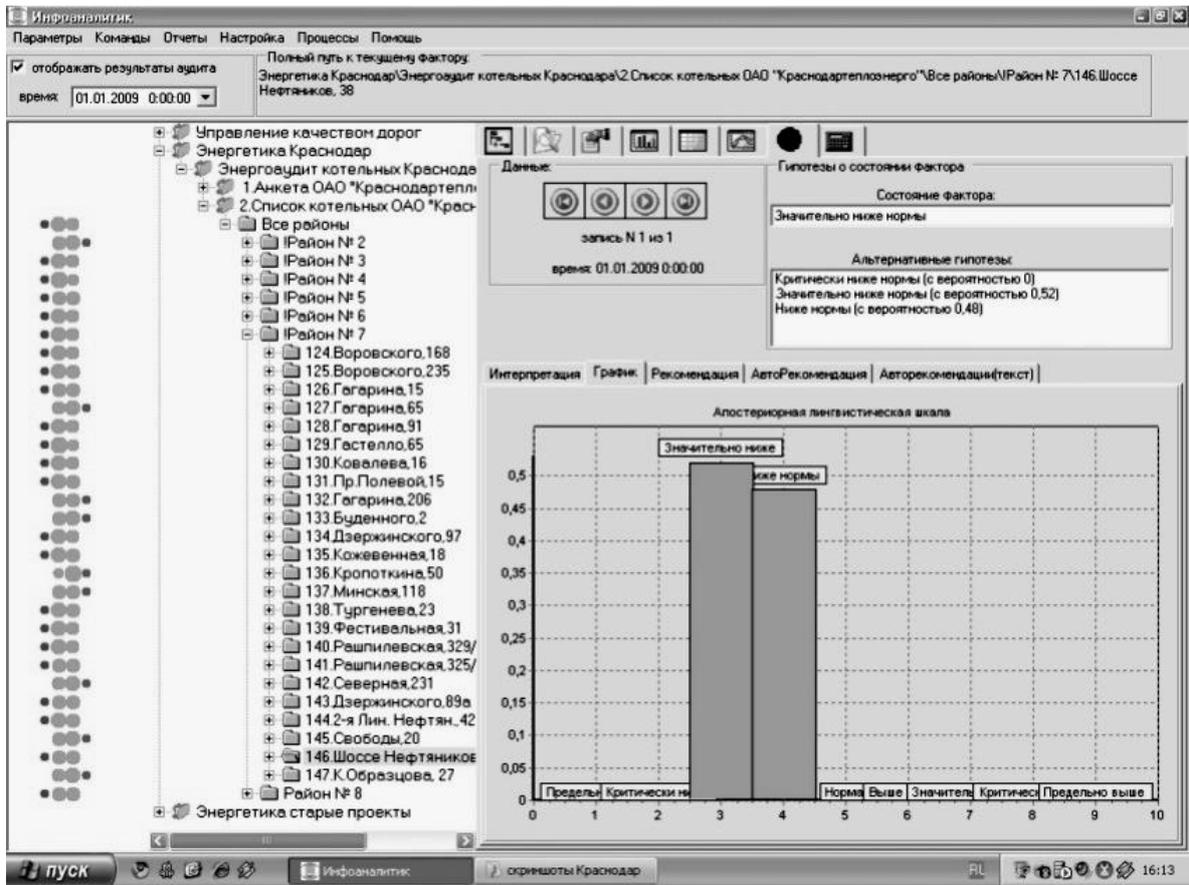


Рисунок 2 – Пример лингвистической оценки общего состояния котельной

Основные компоненты регуляризирующего байесовского подхода (ДК, МДО, ШДО) реализованы в «Инфоаналитике» в виде объектов, которые создаются пользователем средствами создающихся комплекса программных модулей, имеющих усиленную поддержку интеллектуальным интерфейсом и когнитивной графикой. Примеры когнитивной графики, используемой в процессе аудирования состояний котельных приведены на рисунках 2-3 в виде разноцветных кружков, отражающих степень соответствия показателей объекта их нормативным значениям. В подсистеме когнитивной графики используется 9 цветов, отражающих как опасные, так и благоприятные состояния объектов

Формирование модели объекта и среды его функционирования может производиться разработчиками или пользователями предварительно или в процессе функционирования системы.

При извлечении знаний об объекте и среде измеритель либо корректирует предложенное дерево факторов, отражающих свойства объекта, существенные для решения задачи, либо создает его заново. Интеллектуальный интерфейс предлагает измерителю для заполнения простые формы для установления связей между свойствами, типа их влияния, их значи-

мости. Пример такой модели приведен на рисунке 2 для конкретной прикладной задачи.

Затем детализируется модель объекта, при этом знания получают от субъекта о значениях или оценках значений свойств объекта и среды, как в числовой, так и в лингвистической форме. Этот процесс связан с созданием субъектом различных ШДО, соответствующим свойствам объекта и среды, которые в совокупности формируют гиперкуб динамического компакта решений. Пример ШДО приведен для оценки свойств котельных.

При формировании ШДО субъекту предлагается создать или обновить нормативно-методическую базу, которая хранится в модуле «Электронная библиотека» используется при создании ШДО. Таким образом извлекаются знания субъекта оценочного и аудлирующего характера.

Все эти средства позволяют извлекать знания субъекта.

Умения субъекта отражаются в виде технологий или алгоритмов решения задачи или подзадач. Для извлечения умений субъекта используются специальные вычислительные модули платформы «Инфоаналитик»: «Калькулятор» для вычислений регуляризированных байесовских оценок (РБО), библиотека байесовской математической статистики (БМС), блок генерации рекомендаций.

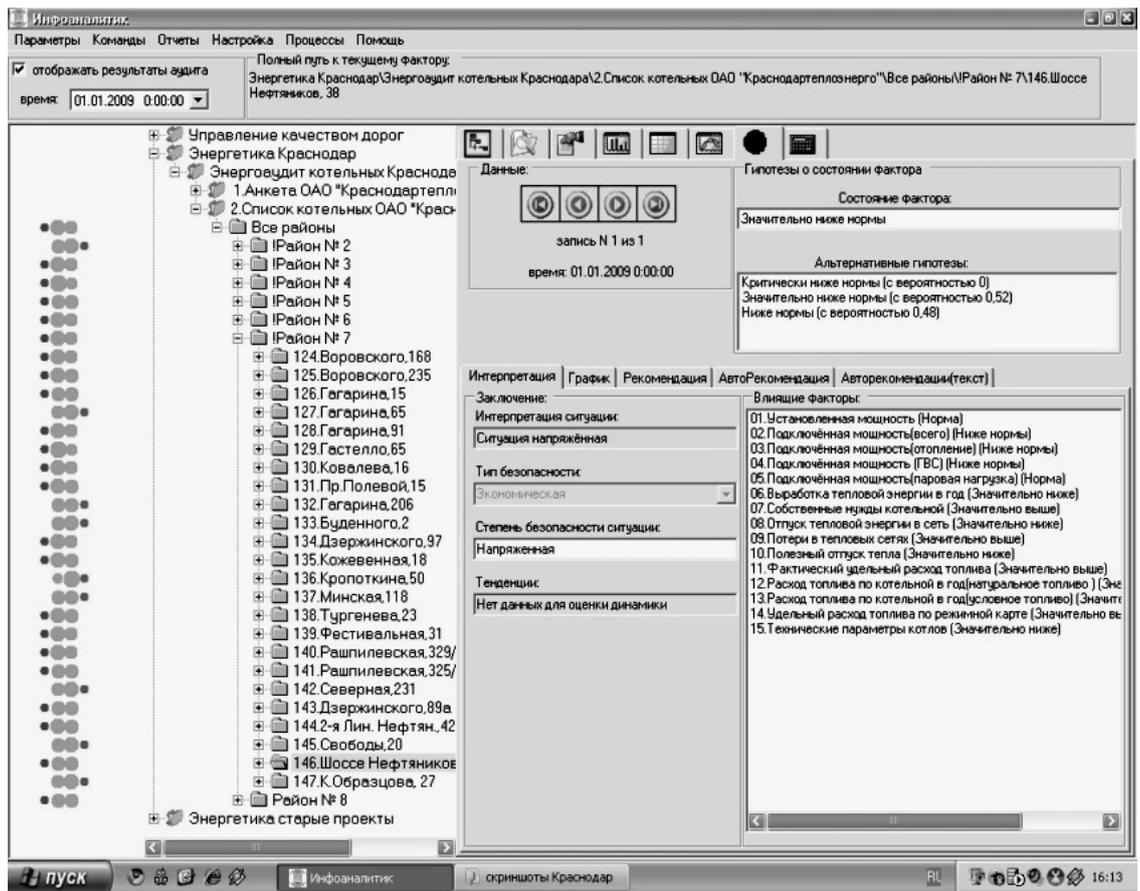


Рисунок 3 – Интерпретация состояния и влияющих факторов среды функционирования котельной

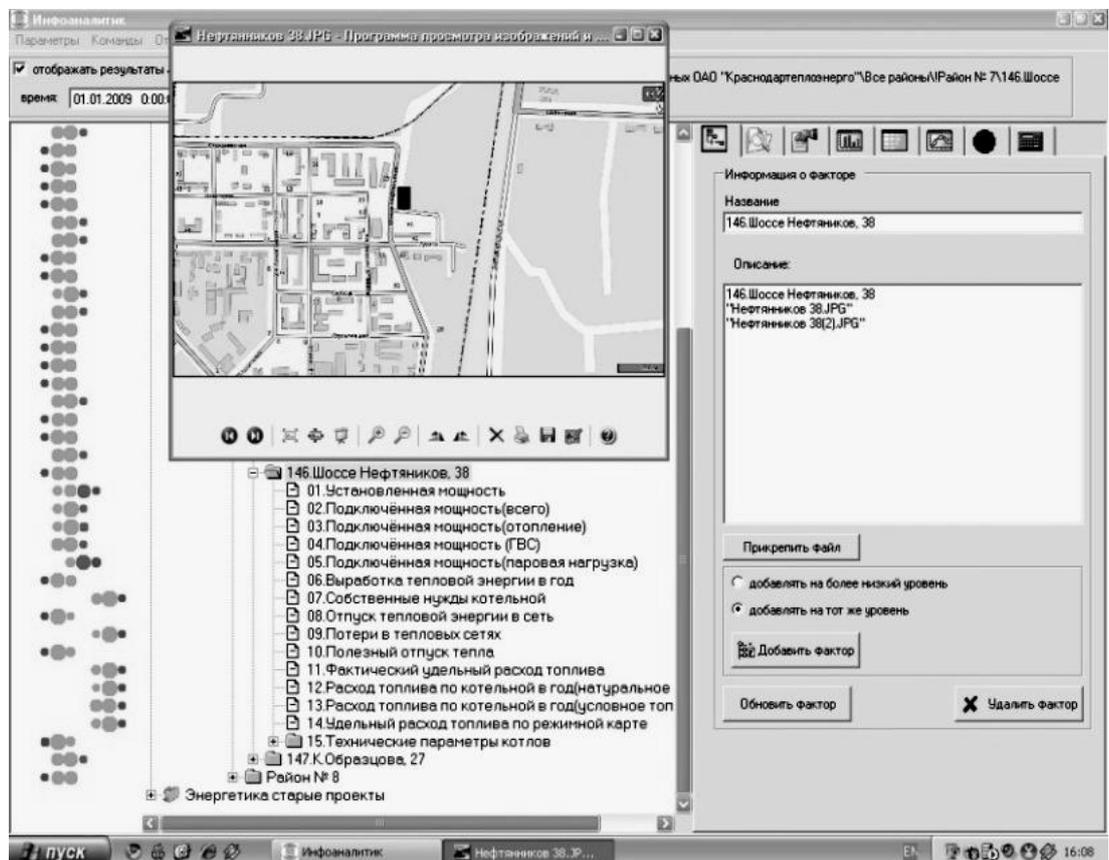


Рисунок 4 – Модель сети котельных и среды их функционирования

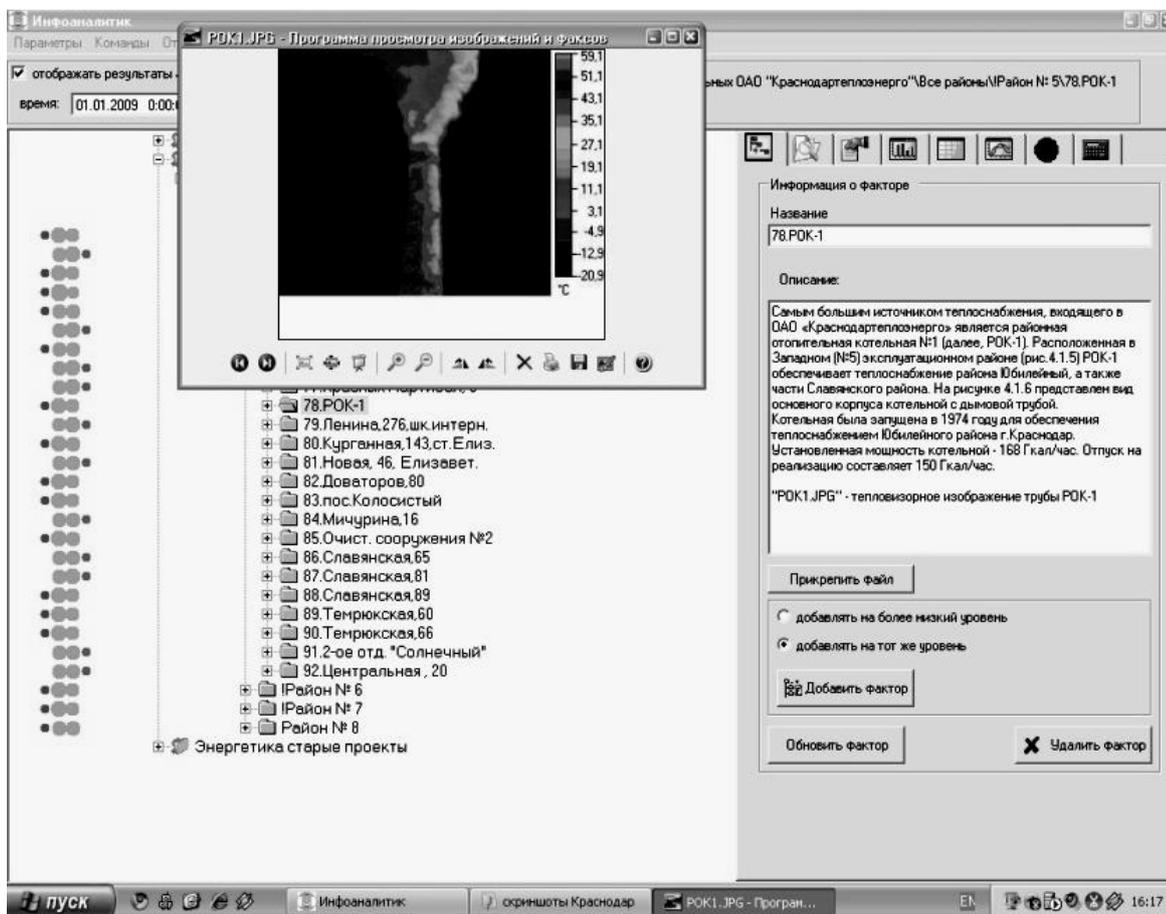


Рисунок 5 – ШДО для измерения утечки тепла на основе свёртки фактически измеренных данных

Модуль калькулятор [3] позволяет субъекту ввести в состав алгоритмической базы «Инфоаналитика» новую функциональную зависимость и применить ее к обработке как четких, так и нечетких переменных, представленных в виде РБО. При этом функциональная зависимость приобретает вид алгоритма и может активно использоваться. Косвенные или аналитические измерения реализуются на этой основе.

Библиотека байесовской математической статистики, подробно описанная в [1], служит для обработки выборок (прежде всего малых выборок) статистических данных. Она содержит как алгоритмы классической математической статистики, так и алгоритмы байесовской математической статистики, работающие в условиях малых выборок и значительной неопределенности. В качестве данных для БМС могут быть выборки, состоящие не из вероятностных, а из «возможностных» данных, для которых вероятность их появления заменяется возможностью или фидуциальной (субъективной) вероятностью. Это дает возможность обрабатывать ряды данных, сформированные субъектом на основе его некоторых предположений.

Кроме того, БМС позволяет субъекту самому сформировать не только выборку данных, но и процесс их обработки. Для этого он

может извлечь из библиотеки БМС отдельные алгоритмы и объединить их в технологию, задавая необходимую последовательность их реализации в вычислительном процессе. Средствами БМС реализуются алгоритмы статистических измерений.

Модуль генерации рекомендаций позволяет пользователю задать некоторые коррективные действия по усилению или ослаблению влияния какого-либо фактора, создавая тем самым управляющее воздействие в измерительно-аналитической системе.

Для извлечения знаний предметной области используются библиотеки платформы «Инфоаналитик», примеры которых реализованы в работах автора и его коллег и приведены, например, в [1-3]. Для формализации умений субъекта используется инструментальная база БИТ в виде платформы «Инфоаналитик», реализованная для формализации и получения знаний в различных предметных областях. Для конкретных практических приложений разработаны прикладные системы в виде интеллектуальных рабочих мест специалистов.

ИРМ [1-3], которые позволяют создавать базы знаний и прикладных методов и технологий решения измерительных задач в условиях значительной неопределенности.

Литература

1. Прокопчина С.В Теоретические основы когнитивных измерений Труды ВЭО,144 ,2010.
2. Горохов В.Л., Витковский В.В., Муравьев И.П. Когнитивные принципы и технологии генерации визуальных псевдо 6-D образов многомерных

данных. /Труды международной конференции по мягким вычислениям, 23-25 июня 2010, (SCM – 2010), Санкт-Петербург. 2010.

3. Интеллектуальный Тренинговый Комплекс для специалистов предприятия (свидетельство Роспатента об официальной регистрации программы для ЭВМ №2006610210 от 21.03.2006).

УДК 332.872.4; 658.264

АНАЛИЗ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В.Ф.Бадах¹, Т.В.Потёмкина²

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

В статье проанализированы цели, задачи и целевые индикаторы государственной программы Ленинградской области "Обеспечение устойчивого функционирования и развития коммунальной и инженерной инфраструктуры и повышение энергоэффективности в Ленинградской области", рассмотрено выполнение этой программы и даны рекомендации по данным вопросам.

Ключевые слова: Государственная программа, Ленинградская область, целевые индикаторы, энергосбережение, повышение энергетической эффективности.

THE ANALYSIS OF THE REGIONAL PROGRAM OF ENERGY SAVING IN THE LENINGRAD REGION

V.F.Badakh, T.V.Potyomkina

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

In article the purposes, tasks and target indicators state the program of the Leningrad region "Ensuring steady functioning and development of municipal and engineering infrastructure and increase of energy efficiency in the Leningrad region" are analysed, implementation of this program is considered and recommendations about the matters are made.

Keywords: State program, Leningrad region, target indicators, energy saving, increase of power efficiency.

Введение

В рамках государственной программы России «Энергосбережение и развитие энергетики» Минэнерго организовало обучение специалистов бюджетной сферы, ответственных за энергосбережение и повышение энергетической эффективности. При этом большое внимание уделяется разработке региональных программ энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Поэтому представляется актуальным проанализировать содержание и выполнение реально действующих программ. В качестве примера рассмотрим программу Ленинградской области.

Содержание программы энергосбережения в Ленинградской области

Рассматриваем государственную программу Ленинградской области "Обеспечение устойчивого функционирования и развития коммунальной и инженерной инфраструктуры и повышение энергоэффективности в Ленинградской области", утвержденную постановлением Правительства Ленинградской области от 14.11.2013 N 400 (в ред. Постановлений Правительства Ленинградской области от 19.03.2014 N 67, от 16.06.2014 N 246, от 16.07.2014 N 316, от 25.08.2014 N 383) (далее – программа).

Документ предоставлен КонсультантПлюс www.consultant.ru, дата сохранения: 25.10.2014, объем документа 274 страницы.

¹Бадах Вячеслав Федорович – кандидат технических наук, доцент кафедры Машины и оборудование бытового и жилищно-коммунального назначения, тел. +7 921185 31 62, e-mail: badvf@yandex.ru;

²Потёмкина Татьяна Владимировна, старший преподаватель кафедры Машины и оборудование бытового и жилищно-коммунального назначения, тел.: +7 905 256 04 74 , e-mail: tatatav@bk.ru

Программа включает 6 подпрограмм:

1. "Энергетика Ленинградской области на 2014-2029 годы"

2. "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на территории Ленинградской области на 2014-2016 годы"

3. "Газификация Ленинградской области на 2014-2016 годах"

4. "Водоснабжение и водоотведение Ленинградской области на 2014-2016 годы"

5. "Поддержка преобразований в жилищно-коммунальной сфере на территории Ленинградской области для обеспечения условий проживания населения, отвечающих стандартам качества"

6. "Совершенствование транспортного обслуживания населения Ленинградской области на 2014-2016 годы"

Отметим, что Подпрограмма 1 рассчитана на 16 лет, а остальные – на три года.

Финансовое обеспечение реализации государственной программы в 2014-2029 годах составляет 34,4 млрд. рублей, в том числе:

- 2014 год – 8,2 млрд. рублей,
- 2015 год – 4,6 млрд. рублей,
- 2016 год – 4,3 млрд. рублей.

Получается, что на 2017- 2029 годы финансирование составит по 1,33 млрд. рублей в год.

Видим, что к энергосбережению полностью относится только подпрограмма 2, а также возможно подпрограммы 1 и 5, поэтому подробно рассмотрим только эти подпрограммы, при этом процитируем только наиболее важные положения.

В данном случае цели и задачи подпрограммы приведены полностью. Видим, что энергосбережение в них отсутствует. В описании подпрограммы приведены некоторые характеристики энергетики Ленинградской области.

Таблица 1. Электропотребление в Ленинградской области в период 2010-2012 гг.

Наименование показателя	Ед. изм.	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Электропотребление	млрд кВт.ч	19,065	19,061	20,968	19400	19250	19420
годовой темп прироста	%	6,7	2,9	3,8	-7,5	-0,8	0,8

Снижение объемов потребления электрической энергии по отношению к прогнозным величинам связано со снижением объемов производства продукции крупными потребителями электрической энергии, такими как ОАО "ВАЗ-СУАЛ".

Какие либо данные по потреблению тепловой энергии отсутствуют

Паспорт подпрограммы "Энергетика Ленинградской области на 2014-2029 годы"

Цели Подпрограммы	Обеспечение надежности и качества снабжения населения и организаций Ленинградской области электрической и тепловой энергией. Строительство систем теплоснабжения в объеме 541,1 Гкал/ч установленной мощности и 806,5 км тепловых сетей
Задачи Подпрограммы	1) Подготовка систем теплоснабжения городских и сельских поселений Ленинградской области к отопительному сезону в объеме 100%; 2) Обеспечение финансовой устойчивости теплоснабжающих организаций в условиях ограничений тарифов в объеме 100%; 3) Гарантированное снабжение топливом организаций, финансируемых из бюджета Ленинградской области в объеме 100%; 4) Разработка и ежегодное поддержание в актуальном состоянии схемы электроснабжения Ленинградской области

Теплоснабжение. По состоянию на 1 ноября 2011 года суммарная установленная мощность котельных по всем видам собственности в Ленинградской области составляла 7651,2 Гкал/час. Общая протяженность тепловых сетей составляет 2581,1 км, из которых 946,2 км являются ветхими (37%).

В 2013 году для 81 предприятия коммунального комплекса тарифы на коммунальные услуги для населения установлены ниже экономически обоснованных, с ними планируется подписать соглашения о погашении выпадающих доходов из областного бюджета. Соглашением будет оговариваться порядок взаимодействия с органами власти и ответственность со стороны организации в виде достижения целевых показателей. В областном бюджете на эти цели предусмотрено 1360 млн. руб.

Паспорт подпрограммы "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на территории Ленинградской области на 2014-2016 годы"

Цели подпрограммы	Снижение энергоемкости валового регионального продукта Ленинградской области до 41,42 кг усл. топл./тыс. руб.
-------------------	---

Задачи подпрограммы	Обеспечение разработки и актуализации 217 муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности
	Обеспечение разработки и актуализации 228 программ организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности, в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности
	Присвоение 1000 объектов ТЭК категории безопасности
	Разработка, приведение в соответствие с законодательством 224 энергетических паспортов государственных учреждений Ленинградской области
	Установление 1800 рабочих мест для работы с программным продуктом "Мониторинг-Энергоэффективность" для региональной государственной информационной системы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Ленинградской области
	Реализация мероприятий по повышению надежности и энергетической эффективности в системах теплоснабжения с целью экономии тепловой энергии в натуральном выражении в объеме 10555,8 т усл. т.
	Производство замены оборудования на оборудование с более высоким коэффициентом полезного действия в 10 котельных

Целевые индикаторы и показатели подпрограммы		2014	2015	2016
Динамика энергоёмкости валового регионального продукта:	кг у.т./тыс. руб.	41,48	41,48	41,42
Объем экономии тепловой энергии в натуральном выражении:	тут	3518,6	7037,2	10555,8
Объем экономии тепловой энергии в стоимостном выражении	млн. руб.	26,38956	52,77912	79,16868
Финансовое обеспечение подпрограммы	млн. руб.	3943,67112	482,86216	406,70585

энергосбережению и разработать 224 энергетических паспорта.

Отметим, что программный продукт "Мониторинг-Энергоэффективность" нигде не описан.

Из следующего за паспортом описания подпрограммы процитируем некоторые важные на наш взгляд моменты (цитаты выделены курсивом):

1. Общая характеристика, основные проблемы и прогноз развития в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности на территории Ленинградской области.

С целью повышения энергоэффективности экономики и снижения энергоёмкости валового регионального продукта Ленинградской области ... постановлением Правительства Ленинградской области от 10.04.2013 N 97 была утверждена долгосрочная целевая программа "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности Ленинградской области на 2013-2015 годы и на перспективу до 2020 года".

Программа направлена на реализацию мероприятий, способных обеспечить к 2020 году поэтапный переход к рациональной модели потребления ресурсов, и, как следствие, снижение энергоёмкости валового регионального продукта Ленинградской области.

В связи с вступлением в силу статьи 179 Бюджетного кодекса Российской Федерации, в соответствии с постановлениями Правительства Ленинградской области от 14 ноября 2013 года N 400 и от 14 июля 2014 года N

Итак, цель у подпрограммы одна - снижение энергоёмкости валового регионального продукта до 41,42 кг усл. топл./тыс. руб.

Из семи задач только одна - экономия тепловой энергии в натуральном выражении в объеме 10555,8 т у.т. – количественно связана с энергосбережением.

Таким образом, энергосбережение в результате выполнения подпрограммы может быть оценено только по двум целевым индикаторам, значения которых следующие (взяты из паспорта подпрограммы):

По приведённым данным можем сосчитать, что планируется **потратить 4833 млн. рублей, чтобы сэкономить** условного топлива на **158 млн. рублей**, написать 445 программ по

304 реализация долгосрочной целевой программы "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности Ленинградской области на 2013-2015 годы и на перспективу до 2020 года" завершена.

... В настоящее время степень оснащенности приборами учета энергоресурсов составляет 74% в государственных учреждениях Ленинградской области и 68% в муниципальных учреждениях Ленинградской области. Эти показатели являются одними из самых высоких по Северо-Западному федеральному округу РФ.

В 2012 году проведены энергообследования 186 государственных учреждений Ленинградской области.

В 2014 году планируется разработать ... 700 справочников по энергосбережению, ежегодно проводить по два семинара для ответственных за энергосбережение в бюджетных организациях, участвовать в выставках ... и ввести в эксплуатацию региональную государственную информационную систему в области энергосбережения.

2. Приоритеты государственной политики в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности

... Обязательными энергосберегающими мероприятиями программ энергосбереже-

ния организаций, осуществляющих производство электрической и тепловой энергии и передачу тепловой энергии, являются:

- проведение энергетического обследования;
- оснащение зданий, строений, сооружений, при эксплуатации которых используются энергетические ресурсы, приборами учета используемых воды, тепловой энергии, газа, электрической энергии;
- внедрение частотно-регулируемых электроприводов;
- модернизация, замена технологического оборудования на более энергоэффективное;
- санация, замена тепловых сетей на сети с ППУ изоляцией;
- автоматизация технологического процесса, освещения;
- повышение тепловой защиты зданий, строений, сооружений;
- оптимизация режимов работы энергоисточников, тепловых сетей, количества котельных и их установленной мощности с учетом корректировок схем теплоснабжения, местных условий и видов топлива;
- глубокая утилизация тепла уходящих газов котельных.

Целевые показатели (индикаторы) государственной программы и их плановые значения в разрезе мероприятий представлены в Приложении 2.

СВЕДЕНИЯ О ПОКАЗАТЕЛЯХ (ИНДИКАТОРАХ) ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ И ИХ ЗНАЧЕНИЯХ (Приложение 2)

N п/п	Показатель (индикатор) (наименование)	Ед. измерения	Значения показателей (индикаторов)				
			2012	2013	2014	2015	2016
1	2	3	4	5	6	7	8
2	Подпрограмма "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на территории Ленобласти на 2014-2016 годы"						
2.1	Динамика энергоемкости валового регионально-го продукта	кг у.т./тыс.руб	26,2	21,9	21,7	21,5	21,1
2.4	Субсидии на реализацию мероприятий по повышению надежности и энергетической эффективности в системах теплоснабжения						
2.4.1	Объем экономии тепловой энергии в натуральном выражении в связи с реализацией мероприятий по повышению надежности и энергетической эффективности в системах теплоснабжения	т у.т	-	-	3 518,6	7 037,2	10 555,8
2.4.2	Объем экономии тепловой энергии в стоимостном выражении в связи с реализацией мероприятий по повышению надежности и энергетической эффективности в системах теплоснабжения	тыс.руб.	-	-	26389,56	52779,12	79168,68

Отметим, что энергоемкость валового регионального продукта в приложении оказа-

лась в два раза ниже, чем в паспорте подпрограммы.

Паспорт подпрограммы "Поддержка преобразований в жилищно-коммунальной сфере на территории Ленинградской области для обеспечения условий проживания населения, отвечающих стандартам качества"

Цели подпрограммы	Создание эффективных правовых, организационных и методических основ для эффективной реализации преобразований в жилищно-коммунальной сфере на территории Ленинградской области и обеспечения условий проживания населения, отвечающих стандартам качества, оказание органам местного самоуправления содействия в реализации планов реформирования жилищно-коммунального хозяйства в муниципальных образованиях
Задачи подпрограммы	Информационно-консультационная поддержка проводимых преобразований содействие развитию эффективных форм управления поднятие престижа основных рабочих профессий содействие обеспечению надежности и эффективности ...
Целевые индикаторы	Целевыми индикаторами ежегодно являются: 500 ед. экземпляров справочно-информационного сборника ЖКХ Ленинградской области; 20000 ед. информационных брошюр и листовок для населения ... 3 курсов по подготовке, переподготовке и повышению квалификации кадров ... 18 маркетинговых (социологических) исследований среди жителей ... 10 областных и региональных конкурсов в сфере жилищно-коммунального хозяйства: 12 коммуникативных площадок ... для населения и органов местного самоуправления 2 региональных семинаров по актуальным вопросам жилищного законодательства: Субсидии на лизинг 25 ед. коммунальной спецтехники юридическим лицам Субсидии на лизинг 25 ед. коммунальной спецтехники органам местного самоуправления
Объемы бюджетных ассигнований	Финансирование из областного бюджета: 67,88 млн. рублей, в том числе: 2014 год – 22,56 млн. рублей; 2015 год – 22,66 млн. рублей; 2016 год – 22,66 млн. рублей

Из описания данной подпрограммы процитируем следующее:

С целью поддержки преобразований в жилищно-коммунальном хозяйстве Ленинградской области для обеспечения отвечающих стандартам качества условий проживания граждан постановлением Правительства Ленин-

градской области от 15.07.2011 N 05 была утверждена ведомственная целевая программа "Поддержка реформы жилищно-коммунального хозяйства Ленинградской области на 2011-2013 годы".

В рамках ее реализации планировалось:
- установить 867 индивидуальных приборов учета с компенсацией в размере 50% от затрат граждан, получающих в установленном порядке субсидии на оплату жилья и коммунальных услуг;

- увеличить количества товариществ собственников жилья в многоквартирных домах Ленинградской области за 3 года до 1200 единиц.

В рамках реализации мероприятий по поддержке реформирования жилищно-коммунального хозяйства осуществляется мониторинг результатов финансово-экономической деятельности предприятий ЖКХ. Результаты мониторинга отражаются в виде **справочно-информационного сборника жилищно-коммунального хозяйства Ленинградской области**, который выпускается четыре раза в год по итогам первого квартала, полугодия, за девять месяцев и за год. Сборник является информационным обеспечением органов исполнительной власти, органов местного самоуправления и руководителей предприятий жилищно-коммунального хозяйства, позволяет анализировать работу жилищно-коммунального хозяйства как в целом по области, так и в разрезе муниципальных образований, а также помогает принимать правильные управленческие решения.

В 2011-2013 годах имели возможность пройти обучение 350 специалистов, что в свою очередь должно помочь жителям многоквартирных домов реализовать один из наиболее эффективных способов управления многоквартирным домом – управление товариществом собственников жилья (далее – ТСЖ).

В Ленинградской области на 1 января 2013 года создано 600 ТСЖ, в управлении которых находится 1593 многоквартирных дома, что составляет 8,66% от числа многоквартирных домов, в которых собственники помещений выбрали и реализуют способ управления.

По поводу мероприятий этой подпрограммы можно согласиться с необходимостью пропагандировать энергосбережение, однако оценить результаты практически невозможно. Отметим, что **Справочно-информационный сборник жилищно-коммунального хозяйства Ленинградской области** в интернете найти не удалось.

В приложении 9 приведен Перечень целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности на территории Ленинградской области, кото-

рый в тексте нигде не упоминается.

**ПЕРЕЧЕНЬ ЦЕЛЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И
ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ (Приложение 9)

(в ред. Постановления Правительства Ленинградской области от 16.07.2014 N 316)

№ п/п	Наименование целевого показателя	Единица измерения	2013 год	2014 год	2015 год	2016 год
1	2	3	4	5	6	7
A.1	Динамика энергоемкости валового регионального продукта - для региональных программ энергосбережения и повышения энергетической эффективности	кг у.т./ тыс. руб.	43,26	41,48	41,48	41,42
A.2	Доля объемов электрической энергии (далее - ЭЭ), расчеты за которую осуществляются с использованием приборов учета (в части многоквартирных домов - с использованием коллективных приборов учета), в общем объеме ЭЭ.	проц.	94,6	95,2	95,7	96,1
A.3	Доля объемов тепловой энергии (далее - ТЭ), расчеты за которую осуществляются с использованием приборов учета (в части многоквартирных домов - с использованием коллективных приборов учета), в общем объеме ТЭ.	проц.	79,1	79,3	80,8	82,7
A.4	Доля объемов воды, расчеты за которую осуществляются с использованием приборов учета (в части многоквартирных домов - с использованием коллективных приборов учета), в общем объеме воды.	проц.	68,7	75,6	82,2	88,5
A.5	Доля объемов природного газа, расчеты за который осуществляются с использованием приборов учета (в части многоквартирных домов - с использованием индивидуальных и общих приборов учета) в общем объеме природного газа.	проц.	97,4	97,3	97,3	97,4
A.6	Изменение объема производства энергетических ресурсов с использованием возобновляемых источников энергии и(или) вторичных энергетических ресурсов	тыс. т у.т.	289,59	49,93	20,56	20,77
A.7	Доля энергетических ресурсов, производимых с использованием возобновляемых источников энергии и(или) вторичных энергетических ресурсов, в общем объеме энергетических ресурсов, производимых на территории субъекта РФ	проц.	4,1	4,1	4,1	4,1
B.1	Экономия электрической энергии в натуральном выражении	тыс. кВт.ч	1030632,6	1490825,1	1490825,1	1506337,2
B.2	Экономия электрической энергии в стоимостном выражении	тыс. руб.	1286229,5	1860549,8	1860549,8	1879908,9
B.3	Экономия тепловой энергии в натуральном выражении	тыс. Гкал	1829,4	2646,3	2646,3	2673,8
B.4	Экономия тепловой энергии в стоимостном выражении	тыс. руб.	969550,2	1402468,5	1402468,5	1417061,3
B.5	Экономия воды в натуральном выражении	тыс. м ³	24054,2	34794,7	34794,7	35156,7
B.6	Экономия воды в стоимостном выражении	тыс. руб.	214803,6	310716,6	310716,6	313949,6
B.7	Экономия природного газа в натуральном выражении	тыс. м ³	525182,2	759683,7	759683,7	767588,2
B.8	Экономия природного газа в стоимостном выражении	тыс. руб.	821579,2	1188426,4	1188426,4	1200792,0
D.1 1	Число жилых домов, в отношении которых проведено энергетическое обследование (далее - ЭО)	шт.	470	658	921	1290
D.1 2	Доля жилых домов, в отношении которых проведено ЭО, в общем числе жилых домов	проц.	0,86	1,17	1,58	2,14
E.1	Изменение удельного расхода топлива на выработку ЭЭ тепловыми электростанциями	т у.т./ кВт.ч	-0,000 016	-0,000 002	-0,000 003	-0,000 003
E.2	Изменение удельного расхода топлива на выработку ТЭ	т у.т./ Гкал	0,00	-3,00	-3,07	-3,01
E.3	Динамика изменения фактического объема потерь ЭЭ при ее передаче по распределительным сетям	Млн.кВт т.ч	-126,7	-124,1	-115,4	-107,3
E.4	Динамика изменения фактического объема потерь ТЭ при ее передаче	Гкал	33221,8	63672,8	55341,9	57555,6

В этом перечне из 51 целевого показателя только 12 являются натуральными, а остальные – стоимостными или относительными. Значения многих показателей вызывают сомнение по следующим причинам:

1. в тексте Подпрограммы эта таблица нигде не упоминается;

2. объёма потребления тепловой энергии (ТЭ) в Ленинградской области **нет**, а доля ТЭ, расчеты за которую осуществляются с использованием приборов учета, в общем объеме ТЭ (показатель А3) и экономия тепловой энергии в натуральном выражении (показатель В3) **есть**;

3. производство энергетических ресурсов с использованием возобновляемых источников энергии (показатель А6) **падает в 14 (!!!) раз** (почему собственно?), а их доля в общем объеме энергетических ресурсов (показатель А7) **остаётся неизменной (4,1 %)**;

4. при экономии в 2014 году 2646,3 тыс. Гкал ТЭ (показатель В3) экономия ТЭ в стоимостном выражении (показатель В4) составила всего 1402468,5 тыс. рублей, то есть цена ТЭ была **530 руб./Гкал**. В то же время известен средний тариф на ТЭ. (рис.1)



Рисунок 1 – Скриншот сайта комитета по тарифам и ценовой политики

5. как могли потери ТЭ при ее передаче (показатель Е4) измениться за год в 63672,8 Гкал/33221,8 Гкал = **1,9 раза?!!!**

6. как могла появиться экономия ТЭ (показатель В3) **2646,3 тыс. Гкал** в 2014 году, если потери ТЭ при ее передаче (показатель Е4) хоть и увеличились в 1,9 раза, но составили всего **63,6728 тыс. Гкал**?

7. очевидная ошибка в показателе Е2. Если правильно учитывать теплотворную спо-

собность 1 кг у.т. (равна 7000 ккал, а 1 т у.т. соответственно 7 Гкал), то изменение удельного расхода топлива на выработку ТЭ никак не составит 3 Гкал топлива на 1 Гкал ТЭ?!!!

8. в приложении 2 экономия ТЭ в 2014 году равна **26,38956 млн.рублей**, а в приложении 9 – **1402,4685 млн. рублей**, т.е. **в 53 раза больше!!!**

Приведённый анализ натуральных показателей не оставляет сомнений в том, что эти индикаторы никто и никогда не измерял и измерять не собирается. Идея энергосбережения из этой программы полностью выхолощена. Так отказ от программы может сохранить **4833 млн. рублей**, а её выполнение (т.е. трата 4833 млн. рублей) **позволит сэкономить только 158 млн. рублей**.

Причины неэффективности

В нашей стране существуют серьёзные проблемы высокого энергопотребления. Одна из них – суровый климат и при этом неэффективные системы централизованного теплоснабжения. Теплоснабжающие организации, отопляющие города и посёлки, являются естественными монополистами, и поэтому их деятельность должна регулироваться органами власти. Однако эти же органы власти обязаны решать проблему, обеспечивать достижение целевых индикаторов и они же выбирают способы решения проблемы. При этом круг решаемых задач настолько широк, что сама проблема и основная задача, связанная с ее решением, становится неосязаемой.

Например, в Федеральном законе «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23 ноября 2009 года N 261-ФЗ читаем:

Статья 5. Сфера действия настоящего Федерального закона

П.3. Положения настоящего Федерального закона, установленные в отношении организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности, применяются к осуществляемым этими организациями регулируемым видам деятельности.

Статья 7. Полномочия органов государственной власти субъектов Российской Федерации в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности

К полномочиям органов государственной власти субъектов Российской Федерации в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности относятся:

...
3) *установление требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности, в случае, если цены (тарифы) на товары, услуги таких организаций подлежат установлению органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации;*

4) *установление перечня обязательных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отношении общего имущества собственников помещений в многоквартирном доме;*

...
б) *координация мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и контроль за их проведением бюджетными учреждениями, государственными унитарными предприятиями соответствующего субъекта Российской Федерации;*
... .

Казалось бы понятно, что региональные программы по энергосбережению и повышению энергетической эффективности должны касаться **только ресурсоснабжающих организаций и их потребителей.**

Мы же в рассматриваемой программе видим, что к подпрограмме по энергосбережению добавлено ещё **пять** подпрограмм. А в самой подпрограмме по энергосбережению целью является «Снижение энергоёмкости валового регионального продукта Ленинградской области до 41,42 кг усл. топл./тыс. руб.». То есть составители программы берут на себя ответственность по управлению **расходом всех видов топлива и производством всего регионального продукта** Ленинградской области!

Но даже в ресурсоснабжении не следует сваливать всё в одну кучу и хвататься за всё сразу, например как в Концепции реформы жилищно-коммунального хозяйства в Российской Федерации, одобренной Указом Президента РФ от 28.4.97 №425: «*VI. Этапы реализации Концепции ...III этап: 2001 - 2003 годы...Обязательная установка в жилых домах индивидуальных приборов учета и регулирования потребления воды, газа и других энергоносителей*».

Эта вроде бы широта подхода скрывает то, что электросчётчики у нас в подавляющем большинстве квартир есть, счётчики газа пока не нужны, а **счётчики тепловой энергии на порядок сложнее и дороже других и их не будет в построенных ранее квартирах нико-**

гда.

Кстати, Указ Президента до сих пор (за 17 лет) не выполнен.

Итак, в региональных программах по энергосбережению и повышению энергетической эффективности необходимо сосредоточиться не на электро-, водо- или газо-, а на теплоснабжении, причём на двух главных его проблемах, которые как следует из молчания прессы, не известны органам власти (мы не видим упоминания о них и в официальных документах), но известны каждому потребителю по собственному опыту: **перетопы осенью и весной и износ инфраструктуры систем централизованного теплоснабжения.**

Выводы

Несмотря на то, что мы живем в самой холодной стране в мире, осенью и весной практически повсеместно – перетопы. Перетопы связаны как с субъективными причинами, так и с плохим состоянием теплозащиты, с изношенностью и несбалансированностью тепловых сетей. При этом в региональных программах по энергосбережению и повышению энергетической эффективности главными должны быть две цели:

1. Устранение перетопов в систем централизованного теплоснабжения.

2. Восстановление инфраструктуры систем централизованного теплоснабжения.

Способы решения этих задач требуют более подробного рассмотрения.

Литература

1. Государственная программа Ленинградской области "Обеспечение устойчивого функционирования и развития коммунальной и инженерной инфраструктуры и повышение энергоэффективности в Ленинградской области", утв. постановлением Правительства Ленинградской области от 14.11.2013 N 400.- www.consultant.ru

2. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23 ноября 2009 года N 261-ФЗ. - www.consultant.ru

3. Концепции реформы жилищно-коммунального хозяйства в Российской Федерации, одобренной Указом Президента РФ от 28.4.97 №425

4. <http://www.petergid.ru/leningradskaya/gatchina/volodarskogo/mup-teplovie-seti.html>

5. В квартирах как на курортах.- Петербургский дневник, №320(805).- 22 апреля 2014 года, с8.

**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://service.in.spb.ru/tehniko-tehnologicheskie-problemy-servisa>).

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).

При оформлении статьи должны соблюдаться следующие требования.

При наборе текста используется шрифт Times New Roman. 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 подрисовочными 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 подрисовочные 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 MS Equation. 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.