


ТЕХНИКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕРВИСА

ISSN 2074-1146

№ 1 (39), 2017

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, издается с 2007 года

Учредитель:	 <p>Санкт-Петербургский Государственный Экономический Университет</p>
Редакционный совет:	<p>И.А. Максимцев – ректор СПбГЭУ, д.э.н., профессор – <i>председатель совета</i>; Е.А. Горбашко – проректор по НР СПбГЭУ, д.э.н., профессор – <i>заместитель председателя совета</i>; Г.В. Лепеш – заведующий кафедрой МОБиЖКН СПбГЭУ, д.т.н., профессор – <i>главный редактор журнала</i></p> <p><i>Члены редакционного совета:</i> 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; А.Е. Карлик – проректор по НР СПбГЭУ, д.э.н., профессор заведующий кафедрой экономики и управления предприятиями и производственными комплексами СПбГЭУ, г. Санкт-Петербург; 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 Росси; 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; С.П. Петросов – д.т.н., профессор, заслуженный работник бытового обслуживания, заведующий кафедрой «Технические системы ЖКХ и сферы услуг» института сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) «Донского государственного технического университета» (г. Шахты); П.И. Романов – д.т.н., профессор, директор научно-методического центра УМО вузов России (СПбГПУ), г. Санкт-Петербург; Н.Д. Сорочкин – к.ф.-м. н., заслуженный эколог Российской Федерации, заместитель председателя комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности правительства Санкт-Петербурга</p>
Editorial council:	<p>I.A. Maksimcev –rector SPbSEU, doctor of economic sciences, professor – the chairman of the board; E. A. Gorbashko – 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</p> <p><i>Members of editorial council:</i> 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 mechanical engineer of the Russian Federation, St. Petersburg; A. E. Karlik – doctor of Economics, Professor, head of chair of Economics and management of enterprises and production complexes FINEC, Saint-Petersburg; 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; S. P. Petrosov – doctor of engineering, professor, honored worker of consumer services, – head of the chair of "Technical systems of housing and public utilities and a services sector" of institute of services industry and businesses (branch) of "Donskoy of the state technical university" (Shakhty); 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</p>
Адрес редакции:	<p>Санкт-Петербург, Прогонный пер., д.7, лит.А, офис 111 Для писем: 191023, Санкт-Петербург, Садовая ул., 21, офис. 215. Электронная версия журнала: http://unecon.ru/zhurnal-ttps:http://elibrary.ru/ Подписной индекс в каталоге «Журналы России» –95008; тел./факс (812) 3604413; тел.: (812) 3684289; +7 921 7512829; E-mail: gregoryl@yandex.ru. Оригинал макет журнала подготовлен в редакции</p>

Санкт-Петербург – 2017

СОДЕРЖАНИЕ

КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Формирование научно-педагогической школы как фактора структурного совершенствования вуза.....3

ДИАГНОСТИКА И РЕМОНТ

Арет В.А., Пеленко В.В., Круподеров А.Ю. Исследование тепловых и реологических процессов в поточных аппаратах с очищаемой поверхностью.....5

Богомолов П.И., Козлов И.А. Корнев П.А. Расчетно-экспериментальное исследование воздействия солнечной радиации на направляющую трубу с термозащитным кожухом.....9

Лепеш А.Г., Потемкина Т.В. Методика расчета оптимального периода технического обслуживания коммунальной техники.....14

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Великанов Н.Л., Наумов В.А., Корягин С.И. Методика выбора центробежных скважинных насосов типа ЭЦВ.....18

Богомолов П.И., Козлов И.А., Бирюля М.А. Обзор современных технологий изготовления объемно-армирующих преформ для перспективных композиционных материалов.....22

Агапов Д.С. Синтез и дизайн теплообменных сетей энергопреобразующих технических систем.....28

Лепеш Г.В., Лунева С.К. Повышение эффективности теплообменных аппаратов.....42

ОРГАНИЗАЦИОННО- ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЕРВИСА

Ермошин Н.А., Лазарев Ю.Г. Многокритериальная оптимизация в задачах транспортного планирования.....58

Коричева Е.А. Залог успеха устойчивого развития отрасли медицинского приборостроения оптимизация организационной структуры отрасли.....63

А.Л. Пастухов Власов Ю.Н. Методические аспекты обеспечения безопасности жизнедеятельности.....68

Угольников О. Д. Развитие инженерной и социальной инфраструктуры на основе стратегии государственно-частного партнерства.....74

Угольников В.В., Лубинская Е.И. Экономические аспекты высокотехнологичной помощи и услуг на примере медицинской помощи и реабилитации.....90

Abstracts of the articles.....96

Требования к материалам, принимаемым для публикации в научно-техническом журнале «Технико-технологические проблемы сервиса».....102



ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ КАК ФАКТОРА СТРУКТУРНОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВУЗА

*«Всякая школа славна не числом,
а славою своих учеников»*

В последнее время в вузовских колллективах активизировалась дискуссия о научно-педагогических школах. Однако по отношению к самому определению "научно-педагогическая школа" до сегодняшнего дня нет осмысленного однозначного отношения. Так в Постановлении Правительства РФ от 27 апреля 2005 года № 260 [1] приводится следующая формулировка: «Ведущей научной школой Российской Федерации считается сложившийся коллектив исследователей различных возрастных групп и научной квалификации, связанных проведением исследований по общему научному направлению и объединенных совместной научной деятельностью. Указанный коллектив должен осуществлять подготовку научных кадров и иметь в своем составе руководителя, а также молодых (до 35 лет) исследователей».

В ходе развернувшейся дискуссии достаточно обстоятельное освещение в отечественной периодике получают как качественные требования к составу научной школы, так и делаются попытки вести некоторый учет количественных показателей их деятельности.

Так для определения сущности научной школы на общероссийском уровне предлагаются такие критерии ее наличия, как [2]:

1. Защита докторских (не менее трех) или кандидатских (не менее 10) диссертаций исследователями по направлениям и тематике, заложенной основателями научной школы.

2. Наличие открытий и изобретений, полученных научными коллективами или отдельными исследователями;

3. Опубликование монографий по направлениям и тематике деятельности научного коллектива (не менее 5) в российских и зарубежных издательствах;

4. Созданные и действующие на базе научной школы научно-учебные инновационные структуры, успешно функционирующие или развивающиеся в общероссийском или межгосударственном масштабе;

5. Разработанные и завоевавшие общероссийские и мировые рынки изделия, оборудование, технологии и т.д.

Причем во многих дискуссиях подчеркивается необходимость определения «обще-

признанных научных достижений в течение определенного времени» [2, с. 13].

В понятие "научно-педагогическая школа" помимо четко выраженных научных направлений, подтвержденных конечными значимыми результатами и публикациями, требуется внедрение их в учебный процесс и в производственную практику, а также руководство подготовкой специалистов по программам вузовского и послевузовского профессионального образования и кадров высшей квалификации признанным ученым и специалистом в данной области.

При этом «не надо путать понятия научная школа и кафедра. Научная школа, как уже было сказано выше, это неформальное объединение ученых, исповедующих определенную научную идею, а кафедра – это структурное подразделение вуза, реализующая соответствующую образовательную программу» [3 стр. 19]. Скорее всего, научно-педагогическую школу составляют представители различных структурных подразделений или даже университетов, других научных учреждений, объединенных тематикой научных исследований, методами и способами поиска научной информации и научных достижений, основанных на совместных традициях и опыте основателей данной школы. Как правило, это коллектив активных ученых-исследователей, сконцентрированных вокруг одной (иногда двоих – учителя и известного ученика) творческой личности. Внутри такого коллектива должна быть создана творческая среда, в которой могли бы воспитываться и творчески расти наиболее одаренные студенты, аспиранты, преподаватели-исследователи – соискатели кандидатских и докторских ученых степеней.

Научно-педагогическую школу должен возглавлять профессор, являющийся как известным ученым, так и педагогом. Это может подтверждаться академическими и почетными званиями, отраслевыми, государственными и международными премиями, государственными и правительственными медалями, полученными за научно-педагогическую деятельность, а также внешней научной и образовательной деятельностью в других, научных организаци-

¹Н.И. Пирогов

ях, включая зарубежные, высоким индексом цитирования и др.

Представители научно-педагогической школы должны участвовать в различных советах, комитетах, работать в качестве экспертов (рецензентов) в научных журналах, фондах, программах, иметь членство в редколлегиях научных журналов, организационных и программных комитетов представительных научных конференций. Они должны также иметь значительный индекс цитирования исследователей, выигранные научные гранты и проекты.

Для оценки состоятельности той или иной научной школы, особенно при включении ее в различные реестры, производится оценка ее продуктивности, основанная на анализе количественных значений перечисленных критериев, в том числе научных изданий – монографий, сборников трудов и научных статей, опубликованных в цитируемых периодических изданиях, в том числе зарубежных и входящих в перечень ВАК, а также учебных – учебников, учебных и учебно-методических пособий, практикумов, задачников и электронных учебников².

В частности, для количественной оценки учета эффективности функционирования научно-педагогической школы некоторые авторы предлагают принять – 100 книг³, опубликованных членами творческого коллектива в течение определенного периода [4].

Хотя понятия научная школа и кафедра, как упоминалось, различны по своему организационному положению, все же в полемике часто встречается словосочетание "научная школа кафедры". В большинстве случаев речь идет о некоем творческом коллективе, работающем в структуре кафедры, причем возглавляемом, как правило, не заведующим данной кафедры. Некоторые кафедры ведущих российских вузов имеют несколько научных и научно-педагогических школ.

Таким образом, наличие на кафедре научной школы или ее представителей в большой мере характеризует качество научно-педагогической деятельности и ее творческую атмосферу.

Сегодняшние требования реального сектора экономики диктуют необходимость эффективной научной и инновационной образовательной деятельности. Требования подготовки кадров для развития российской экономики также декларируются в содержании Федеральной целевой программы "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" (2009 – 2013 гг.). "Национальной доктрине

образования в Российской Федерации" на период до 2025 г. На современном этапе особую актуальность приобретает инновационный характер деятельности научно-педагогической школы вуза, призванной обеспечить решение задач, направленных на развитие инновационной инфраструктуры, интеграцию науки, учебного процесса и производства.

Результативность научных школ выражается в осуществлении тесного взаимодействия с предприятиями, использовании инновационных форм, методов и средств обучения, профессионально-педагогическом самосовершенствовании руководителей и представителей научных школ.

Понимание этих задач и процессов, происходящих в реальном секторе экономики, диктует вузам необходимость формирования своей внутренней структуры в соответствии с потребностями реальной экономики. При этом кафедры превращаются в центры компетенций, обеспечивающие получение необходимых знаний и навыков для конкурентоспособных специалистов, отвечающих требованиям реального сектора экономики. Очевидно, что наиболее эффективно строить структуру вуза с учетом наличия на кафедре одной или нескольких научно-педагогических школ, обеспечивающих преемственность и инновационность в условиях творческой атмосферы.

Литература

1. Постановление Правительства РФ от 27 апреля 2005 г. N 260 "О мерах по государственной поддержке молодых российских ученых - кандидатов наук и докторов наук и ведущих научных школ Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями) [Текст]/URL: <http://base.garant.ru/188122/> (дата обновления: 10.07.2014) (дата обращения: 15.01.2017).
2. Российские научные школы / под ред. Ю.В. Яковца. – М.: Междунар. фонд Н.Д. Кондратьева, 2003.
3. О научных и научно-педагогических школах// Из записной книжки президента университета, профессора А.И. Владимирова РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина (национальный исследовательский университет) М: Недра, 2013, выпуск 12, 60 с.
4. Букин Л. Л. Количественные и качественные критерии формирования научной школы на примере кафедры теории кредита и финансового менеджмента Санкт-Петербургского государственного университета/Букин Леонид Леонидович Количественные и качественные критерии формирования научной школы на примере кафедры теории кредита и финансового менеджмента Санкт-Петербургского государственного университета // Вестник ЛГУ им. А.С. Пушкина. 2011. №2. С/ 167 -177

² К особо значимым публикациям не относятся книги, изданные после 1987 г. и при этом не имеющие ISBN, а также подготовленные в соавторстве, в которых индивидуальный или коллективный вклад авторов составляет менее 48 страниц (3-х печатных листов)

³Предложено Б.И. Соколовым

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПОТОЧНЫХ АППАРАТАХ С ОЧИЩАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮВ.А. Арет¹, В.В. Пеленко², А.Ю. Круподеров³

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (НИУИТМО),
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49.*

Изучена экспериментально и математически описана работа специального аппарата с очищающимися поверхностями теплообмена обработки молочных продуктов.

Ключевые слова: Перемешивание, теплообмен, молочные продукты

STUDY OF THE RHEOLOGICAL AND THERMAL PROCESSES IN THE APPARATUS IN-LINE WITH THE SURFACE BEING CLEANED

*A.V. Aret, V.V. Pelenko, A. J. Krupoderov,
Saint Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics,
197101, St. Petersburg, Kronverkskiy pr., 49.*

Studied experimentally and mathematically describe the operation of the special device on the cleaning surface heat treatment of dairy products

Keywords: Mixing, heat transfer, dairy products

Известен способ интенсификации теплообмена при обработке вязких пищевых продуктов путем перемешивания обрабатываемой среды специальными рабочими органами, обеспечивающими очистку поверхности теплообмена. Однако тематика остается актуальной, хотя в этой области проведен ряд обширных исследований [1,2,3,4]. Необходима более глубокая проработка отдельных аспектов этого способа, особенно при осуществлении тепловой обработке вязких сред с неньютоновскими свойствами, склонных к пригоранию, например, некоторых высоковязких молочных продуктов.

Математической основой процесса теплообмена является следующее дифференциальное уравнение [5]:

$$\frac{\delta t}{\delta \tau} = \alpha \frac{\delta^2 t}{\delta y^2}, \quad (1)$$

где: y – расстояние от стенки; τ – время; t – температура среды; α – коэффициент теплоотдачи. Граничными условиями являются: $t = t_{ст}$ при $y = 0$ и $\tau > 0$, $t = t_0$ при $y > 0$ и $\tau = 0$. Однако эта теоретическая модель не учитывает ряд существенных практических обстоятельств, влияющих на процесс, как то кривизну поверх-

ности, периодичность проход скребка, неньютоновскую природу вязкости ряженки и многих других пищевых продуктов. С целью экспериментальных исследований были изготовлены несколько экспериментальных установок [6, 7,8].

Новое устройство позволило проведения дальнейших экспериментальных исследований теплообмена и расходуемой энергии при обработке ряженки жирностью 2,5%. Исследования затрагивают изменение значений критерия Рейнольдса в диапазоне от 90,7 до 6380, при этом значения эффективной вязкости наблюдались в диапазоне от 0,03 до 0,14 Па·с. Это позволяет применять полученные данные для расчёта процессов в оборудовании для различных отраслей пищевой промышленности. Для применения полученных данных к более широкому спектру оборудования и обрабатываемых сред, с учетом теории подобия было предложено критериальное уравнение теплообмена для ньютоновских и неньютоновских жидкостей учитывающее симплексы подобия.

¹Арет Вальдур Аулисович – доктор технических наук, профессор НИУИТМО, e-mail: valdurtera@rambler.ru;

²Пеленко Валерий Викторович – доктор технических наук, профессор НИУИТМО, e-mail: pelenko1@rambler.ru;

³Круподеров Алексей Юрьевич – аспирант НИИУИТМО, e-mail: a.lex.k@mail.ru



Рисунок 1 – Схема экспериментального скребкового устройства

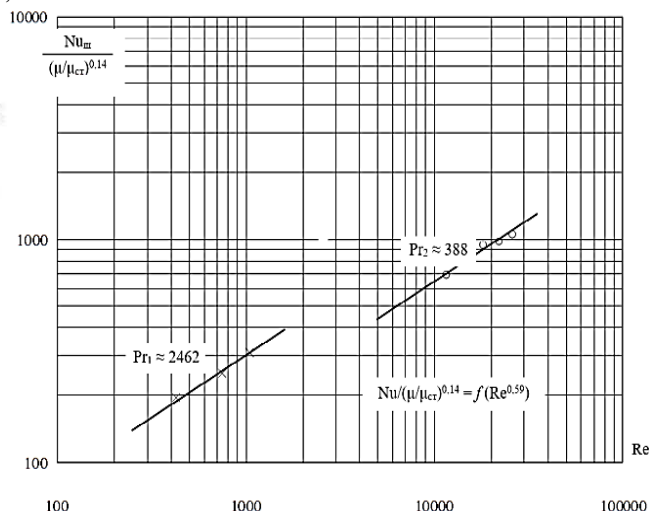


Рисунок 2 – Зависимость критериев Нуссельта и критерия Рейнольдса в аппарате с перемешивающими устройствами – определение показателя степени критерия Рейнольдса

$$Nu = B \cdot Re^a \cdot Pr^b \cdot (\mu/\mu_{ct})^{0,14}, \quad (2)$$

где: $Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda}$ – критерий Нуссельта; $Re = \frac{\omega \cdot l \cdot \rho}{\mu}$ – критерий Рейнольдса; $\omega = \pi \cdot D \cdot n$ – скорость рабочей кромки скребкового устройства, м/с; $Pr = \frac{c \cdot \mu}{\lambda}$ – критерий Прандтля; $l = \pi \cdot D/z$ – характерный размер представляющий собой расстояние между внешними кромками очищающих устройств, м; D – внутренний диаметр аппарата, м; z – число лопастей перемешивающего устройства, шт; μ и μ_{ct} – эффективная вязкость продукта при средней температуре продукта и при температуре стенки соответственно, Па·с; B – эмпирический коэффициент; a, b – безразмерные коэффициенты, определяемые в ходе экспериментов.

Применение в расчетах величины l , представляющей собой расстояние между кромками лопастей перемешивающего устройства, позволяет учитывать влияние количества скребков и внутреннего диаметра рабочего цилиндра.

Показатель степени критерия Рейнольдса был определен в результате обработки полученных экспериментальных данных в логарифмических координатах:

$$\lg\left(\frac{Nu}{(\mu/\mu_{ct})^{0,14}}\right) = f(\lg(Re)). \quad (3)$$

Исследование проводилось для групп опытов, критерий Прандтля в которых составлял: $Pr_1 = 388$ $Pr_2 = 2462$.

Графоаналитическая обработка полученных зависимостей, представленных на рисунке 2, показала, что обе группы опытов имеют одинаковый наклон к оси абсцисс. Показатель степени a формулы (2) определен как тангенс угла наклона графика к оси абсцисс и равен $a = 0,59$. Значение показателя степени говорит о значительном влиянии критерия Рейнольдса на теплообмен.

Аналогичным образом было определено влияние критерия Нуссельта на теплообмен. В полученной графической зависимости используется коэффициент критерия Рейнольдса полученный на предыдущем шаге.

$$\lg\left(\frac{Nu}{Re^{0,59} \cdot (\mu/\mu_{ct})^{0,14}}\right) = f(\lg(Pr)). \quad (4)$$

В результате графоаналитической обработки опытных данных, была установлена величина показателя степени для критерия Прандтля для формулы (2) $b = 0,37$.

Для получения коэффициента B формулы (2) производится математическая обработка данных на основе зависимости (5):

$$\lg\left(\frac{Nu}{Pr^{0,37} \cdot (\mu/\mu_{ct})^{0,14}}\right) = f(\lg(Re)). \quad (5)$$

В результате проведенных опытов и математической обработки опытных данных критерияльное уравнение (2) принимает вид:

$$Nu = 0,923 \cdot Re^{0,59} \cdot Pr^{0,37} \cdot (\mu/\mu_{ct})^{0,14}. \quad (6)$$

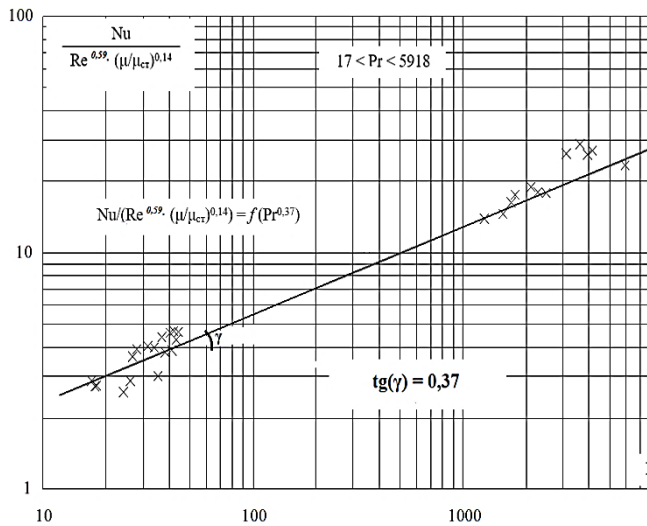


Рисунок 3 – Определение показателя степени критерия Прандтля

Важными показателями теоретического описания процессов, осуществляемых значительном количестве аппаратов пищевой промышленности, являются изменяемые во времени параметры ряда технологических процессов. Распространённым примером подобных нестационарных процессов можно рассматривать пусковые режимы машин и аппаратов. Нестационарные режимы работы ведут к отклонению параметров течения, влияют на теплопередачу в теплообменном оборудовании, могут привести к заметным изменениям в ходе массообменных и химических процессов. Во многих случаях следует учитывать влияние особенностей пускового режима, так как отсутствие этого приводит к неточности измерений, а также к ошибкам при выборе режимов работы оборудования. Таким образом, оценка особенностей пускового режима необходима.

Для исследования пусковых режимов использовалась установка, представленная на рисунке 4. Она представляет собой модифицированный реометр, оснащённый устройствами для измерения частоты вращения ротора. Помимо этого, модификация включала в себя применение альтернативных внешних цилиндров и установку на цилиндр ротора устройств, моделирующих скребковое воздействие. Опыты заключались в измерении зависимости частоты вращения ротора от времени с момента пуска, при этом на ротор воздействовал постоянный момент. Была проведена серия опытов с внешними цилиндрами радиусом 19 мм, 34 мм и 72 мм при радиусе внутреннего цилиндра 16 мм. В качестве модельной среды использовалась ряженка жирностью 2,5% как образец пищевого продук-

та с неньютоновскими свойствами и глицерин концентрацией 99,5% представляющий собой среду с ньютоновскими свойствами. Использование глицерина обусловлено в частности его хорошо известными физическими характеристиками.

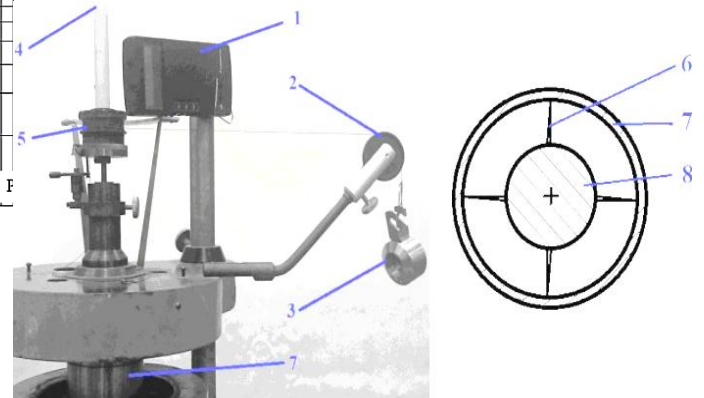


Рисунок 4 – Экспериментальная установка, использованная для исследования пусковых режимов в аппаратах с очищающими устройствами: 1 – цифровой бесконтактный тахометр; 2 – блок; 3 – груз; 4 – метка для тахометра; 5 – шкив; 6 – скребковое устройство; 7 – ёмкость статора; 8 – цилиндр ротора

Полученные при исследовании пускового режима данные имеют характер близкий к экспоненциальной зависимости (рисунок 5), их можно описать в виде формулы (7), коэффициенты a и b в этой формуле определены путём обработки данных с помощью программы CurveExpert.

$$\Omega = a(1 - e^{b\tau}), \quad (7)$$

где: Ω – частота вращения ротора, c^{-1} ; a и b – эмпирические коэффициенты:

$a = 0,626 \cdot 10^{-1}$; $b = 5,32$ – для ряженки жирностью 2,5% коэффициент корреляции: $R=0,964$; среднеквадратичное отклонение $\delta=0,0607$.

Для глицерина концентрацией 99,5%: $a = 0,814$; $b = 5,89$; коэффициент корреляции: $R=0,957$; среднеквадратичное отклонение $\delta=0,0425$.

Выводы

1. Определено влияние критериев Рейнольдса и Прандтля на теплообмен в аппарате. Для скребковых устройств с отверстиями наблюдалось повышение критерия Рейнольдса на 3÷5 % по сравнению с замерами, проведёнными для устройств без отверстий.

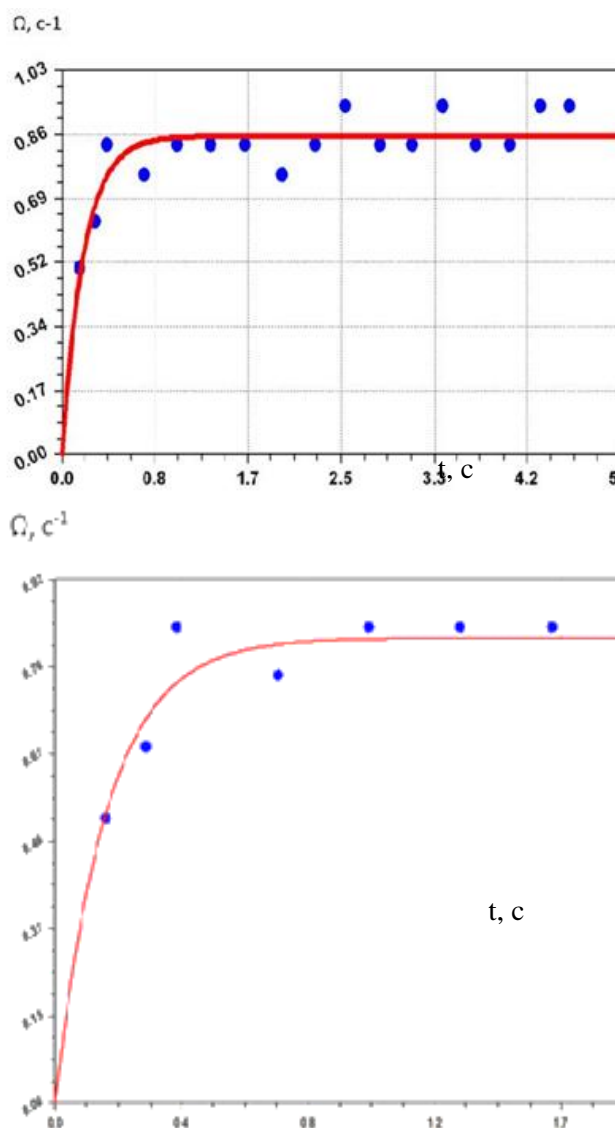


Рисунок 5 – Зависимость частоты вращения ротора от времени с момента пуска для ряженки жирностью 2,5% и для глицерина концентрацией 99,5%

2. Установлена правомерность описания характеристик пускового режима с использованием экспоненциальной зависимости вида $\Omega = a(1 - e^{-bt})$.

3. Установлено преобладание влияния на пусковой режим плотности среды по сравнению с влиянием вязкостных свойств. Значение коэффициента экспоненты b отличалось на

8÷15% для замеров с ряженкой и глицерином при соблюдении прочих равных условий.

Литература

1. Николаев Л.К. Закономерности процессов тепловой обработки пищевых продуктов с аномально-вязкими свойствами в аппаратах с очищаемой поверхностью автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Ленинградский ордена Трудового Красного Знамени технологический институт холодильной промышленности. Ленинград, 1985
2. Николаев Б.Л. Развитие научных основ интенсификации гидродинамических и тепловых процессов при обработке жиросодержащих пищевых продуктов в ёмкостном оборудовании с перемешивающими устройствами. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий. Санкт-Петербург, 2009
3. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками. – Л.: Химия, 1975.–484 с.
4. Николаев Б.Л. Научное обоснование и совершенствование ёмкостного оборудования для вязких пищевых продуктов // Вестник Международной академии холода, 2007.- №4.- с.35-38.
5. Базаров И. П. Заблуждения и ошибки в термодинамике. — Изд. 2-е испр. — М.: Едиториал УРСС, 2003. — 120 с.
6. Круподеров А.Ю., Ахмедов М.Х., Мерцкая А.А., Идрисов Н.И. Экспериментальный стенд на базе ротационного вискозиметра для исследования пускового режима оборудования // Научный альманах. – Тамбов.: 2015 – № 10-3 (12) С.150–153.
7. Николаев Л. К., Николаев Б. Л., Круподёров А. Ю., Кузнецов А.В. Экспериментальная установка для исследования тепловых процессов в поточных аппаратах с очищающими устройствами // Эл. научный журнал «Процессы и аппараты пищевых производств». 2014. №1. С.7–14
8. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции: Учебное пособие с грифом УМО / В. А. Арет, Б. Л. Николаев, Л. К. Николаев. - СПб.: ГИОРД, 2009. - 537 с.

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА НАПРАВЛЯЮЩУЮ ТРУБУ С ТЕРМОЗАЩИТНЫМ КОЖУХОМ

П.И. Богомолов¹, И.А. Козлов², П.А. Коренев³

Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт материалов» (АО «ЦНИИМ») 191014, Санкт-Петербург, ул. Парадная д. 8

Рассматриваются вопросы эффективности применения термозащитных кожухов для направляющих длинномерных труб. В частности, оценивается эффективность термозащитных кожухов из полимерных композиционно-волоконистых материалов при одностороннем воздействии на трубу солнечной радиации. Описывается расчетно-экспериментальная методика определения температурного поля и термоупругих деформаций трубы.

Ключевые слова: термозащитный кожух, композиционные материалы, направляющая труба, конвективно-лучистый теплообмен.

NUMERICAL AND EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF SOLAR RADIATION ON THE GUIDE TUBE WITH A HEAT-PROTECTIVE HOUSING

P. I. Bogomolov, I. A. Kozlov, P. A. Korenev
*Joint-stock company "Central scientific-research Institute of materials" (JSC "CRIM")
191014, St.-Petersburg, str. Paradnaya, 8*

The problems of efficiency of thermal protective covers for barrels of tank guns. In particular, it assesses the effectiveness thermoprotective covers made of polymer composite-fiber materials with unilateral action of solar radiation on the barrels. Describes analytical-experimental assessment for determining the temperature field and thermoelastic deformation of the gun tube.

Keywords: thermoprotective cover, composite materials, guide tube, convective-radiative heat transfer.

В длинных направляющих трубах температурные градиенты из-за несимметричного нагрева или охлаждения по периметру трубы могут привести к возникновению температурных деформаций. Такие деформации являются причиной искривления оси канала трубы относительно теоретической, что значительно снижает эксплуатационные характеристики изделия в целом. Причиной неравномерного распределения температур по трубе может быть одностороннее воздействие солнечной радиации, ветра, дождя или снега в совокупности с высокотемпературным нагревом внутренней поверхности трубы горячими топливными газами при ее функционировании [1-6].

Для решения данной проблемы еще с середины 60-х годов, как в СССР, так и за рубежом, стали использовать специальные термозащитные кожуха (ТЗК) – оболочки, защищающие трубу от неблагоприятных температурных воздействий.

Следует отметить, что если на зарубежных изделиях в настоящее время используются

ТЗК, выполненные из неметаллических композиционных материалов, то отечественные конструкции ориентированы на использовании тонкостенных металлических кожухов, выполненных из алюминия. Это является усложняющим фактором по быстротемперности при их замене и утяжеляет трубную конструкцию в сборе.

В АО «ЦНИИМ» была отработана технология изготовления ТЗК из композиционного материала, а также разработана опытная конструкция ТЗК (рис.1). Опытная конструкция приближена к конструкции штатного ТЗК, и имеет одинаковые элементы крепления на защищаемую трубу.

Композиционный ТЗК представляет собой оболочку вращения, толщиной около 1,5 мм, с торцевыми изгибами, повторяющими контур трубы. Оболочка выполнена из композиционно-волоконистого материала (КВМ) с внутренней поверхностью из алюминиевой фольги.

¹Павел Иванович Богомолов – инженер 1-й категории, тел.: (812)271-49-72, e-mail: pavel.lab115@mail.ru;

²Игорь Анатольевич Козлов – кандидат химических наук, тел.: (812)271-49-72, e-mail: speckompozit@mail.ru;

Петр Алексеевич Коренев, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, тел.: (812)271-49-72, e-mail: petrroot@inbox.

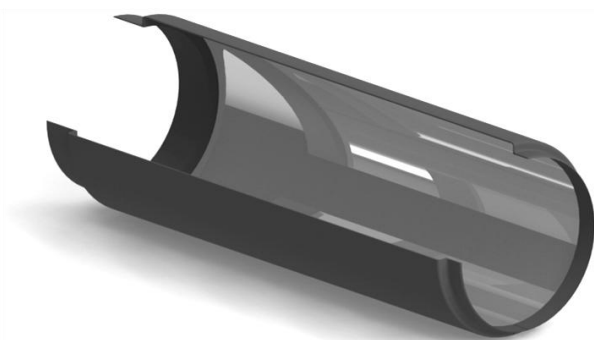


Рисунок 1 – Секция ТЗК из композиционного материала

Практика показывает, что данная опытная конструкция из КВМ обеспечивает сокращение времени монтажа и демонтажа на трубе изделия по сравнению со штатным ТЗК в 13 раз.

Также была проведена расчетно-экспериментальная оценка эффективности ТЗК при воздействии солнечной радиации на трубу с кожухом. Для определения температурного поля была построена модель направляющей трубы с кожухом в виде двух цилиндрических оболочек, разделенных воздушной прослойкой. В данной модели наружная поверхность термозащитного кожуха подвергается одностороннему воздействию радиационного потока от солнца $q = 1100 \div 1150 \text{ Вт/м}^2$.

Для уточнения и конкретизации параметров тепловой модели и проведения расчетов была сконструирована и смонтирована экспериментальная установка для имитации воздействия солнечной радиации на направляющую трубу изделия в лабораторных условиях (рис. 2). Основным назначением данной установки является получение данных для параметрической идентификации расчетной модели, и таким образом, повышение достоверности рас-

четных результатов. Схема установки представлена на рис.2.

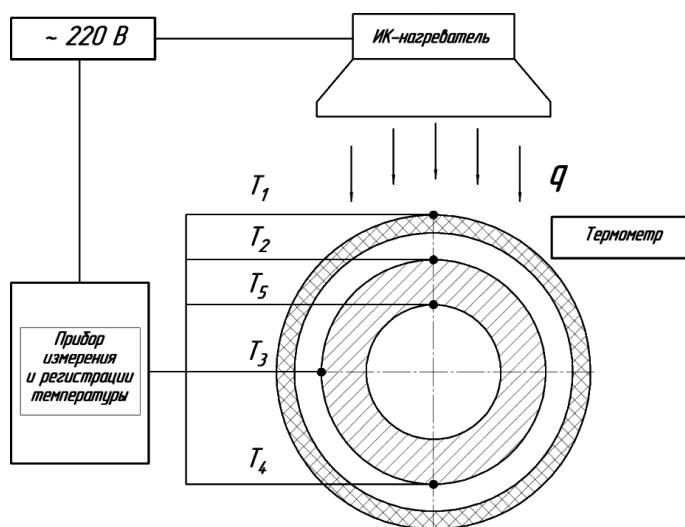


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки

Для исследования эффективности ТЗК из КВМ, при имитации воздействия солнечной радиации на трубу, были изготовлены три экспериментальных кожуха: ТЗК из алюминиевого листа, из стеклопластика и углепластика с внутренней поверхностью из фольги. Все ТЗК были окрашены в защитную краску.

Замеры температуры производились в одном сечении в 5 точках. Регистрация температуры в течение всего времени нагрева производилась постоянно в точках 2 и 4 (верхняя и нижняя поверхность трубы). Также регистрировалась температура окружающей среды. Результаты измерений для всех ТЗК обобщены в табл. 1. Определяющим критерием оценки эффективности ТЗК принято значение градиента температур между верхней и нижней поверхностью трубы ΔT .

Таблица 1 – Результаты измерений

Образец ТЗК	Толщина кожуха S, мм	Величина зазора Н, мм	$T_0, \text{ }^\circ\text{C}$	$T_1, \text{ }^\circ\text{C}$	$T_2, \text{ }^\circ\text{C}$	$T_3, \text{ }^\circ\text{C}$	$T_4, \text{ }^\circ\text{C}$	$T_5, \text{ }^\circ\text{C}$	$\Delta T, \text{ }^\circ\text{C}$
Алюминиевый	0,5	5	35	84	46,3	45,2	43,5	46	2,8
Стеклопластик с фольгой	1,5	10	35	108	42,6	40,3	38,7	41,8	3,9
Углепластик с фольгой	1,5	10	35	102	41,9	41	40,6	41,7	1,36
Углепластик без фольги	1,5	10	35	99	50,4	47,2	45,4	49,6	4,7

Таким образом, имея представления об уровне температур, как на поверхности кожуха,

так и на поверхности трубы, можно уточнить достоверность математической модели, реали-

зация которой позволяет установить оптимальные размеры воздушного зазора между трубой и кожухом, а также толщину самого термозащитного кожуха.

Задача рассматривается в стационарной постановке, при которой происходит максимальный изгиб трубы от действия несимметричного теплового потока. В этом случае уравнение теплопроводности в общем виде для каждого из элементов конструкции имеет вид:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\lambda_x \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\lambda_y \frac{\partial T}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(\lambda_z \frac{\partial T}{\partial z}) + q_v = 0.$$

где $\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z$ – теплопроводности материала в направлении осей x, y, z , T – температура, q_v – объемные стоки тепла (в данном случае $q_v = 0$).

Для формулировки граничных условий к этим уравнениям был рассмотрен тепловой баланс на поверхностях элементов конструкции. Тепловое взаимодействие между трубой, кожухом и окружающей средой схематично представлено на рис. 3.

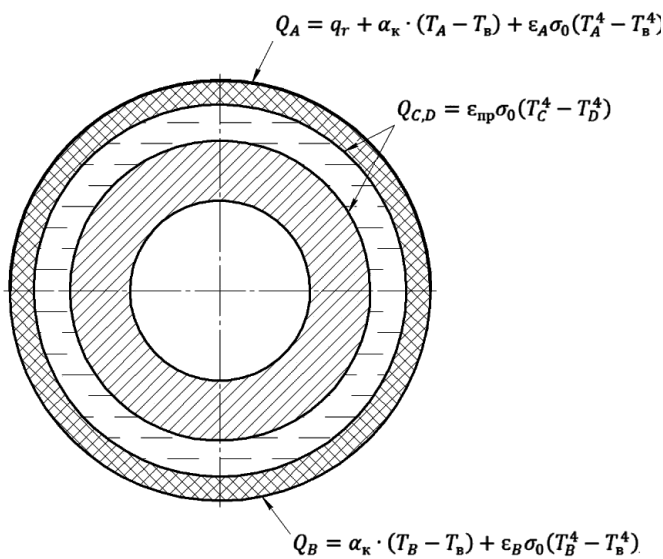


Рисунок 3 – Расчетная модель с граничными условиями

Верхняя граница A подвергается воздействию солнечного радиационного потока q_r . Также она участвует в конвективном и лучистом теплообмене с окружающим воздухом. Граничное условие запишем:

$$Q_A = q_r + \alpha_k \cdot (T_A - T_B) + \varepsilon_A \cdot \sigma_0 \cdot (T_A^4 - T_B^4),$$

где α_k – конвективный коэффициент теплоотдачи с наружной поверхности кожуха, ε_A – степень черноты наружной поверхности кожуха, T_A – температура поверхности A , T_B – температура окружающего воздуха.

Граничное условие для поверхности B запишется:

$$Q_B = \alpha_k \cdot (T_B - T_B) + \varepsilon_B \cdot \sigma_0 \cdot (T_B^4 - T_B^4).$$

Внутренняя поверхность кожуха C участвует в теплообмене с поверхностью трубы. Так как величина воздушного зазора между кожухом и трубой мала, необходимо установить возможность протекания конвективного теплообмена между ними.

Для описания сложного процесса теплообмена в ограниченном замкнутом пространстве используют критериальное уравнение [8]:

$$E_k = f(Gr \cdot Pr),$$

где E_k – коэффициент конвекции, Gr – число Грасгофа, Pr – число Прандтля.

Если $Gr \cdot Pr > 1000$, то происходит конвективный теплообмен, если $Gr \cdot Pr \leq 1000$, то конвективного теплообмена нет ($E_k = 1$).

Исходя из экспериментальных данных, по критерию $Gr \cdot Pr >< 1000$, было определено что, при воздушных зазорах до 10 мм конвективный теплообмен отсутствует.

Таким образом теплообмен между внутренней поверхностью кожуха C и поверхностью трубы D , будет происходить за счет лучистой составляющей:

$$Q_{C,D} = \varepsilon_{np} \cdot \sigma_0 \cdot (T_C^4 - T_D^4),$$

где ε_{np} – приведенная степень черноты (вычисляется через степени черноты взаимодействующих поверхностей).

Основные трудности анализа конвективного теплообмена связаны с установлением вида зависимости коэффициента теплоотдачи от определяющих его параметров. В большинстве случаев вид этих зависимостей устанавливается при обобщении экспериментальных данных [7].

При расчете теплопередачи цилиндрической поверхности в условиях естественной конвекции в неограниченное пространство используется неравенство (1):

$$(t - t_c) \leq \left(\frac{840}{L}\right)^3 [^\circ\text{C}]. \quad (1)$$

Если определяющий размер (L , мм) плоской или цилиндрической поверхности и ее температурный напор $(t - t_c)$ удовлетворяют неравенству (1), то конвективный коэффициент теплоотдачи будем рассчитывать по формуле:

$$\alpha_k = 1,35 \cdot \left(\frac{t - t_c}{D}\right)^{1/4} \left[\frac{Bm}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}\right]. \quad (2)$$

Исходные данные для теплового расчета приведены в таблице 2. Температура окружающего воздуха для всех расчетных случаев составляла 35 °С.

Расчет температурного поля данной конструкции производится методом конечных элементов в программном комплексе Ansys.

Таблица 2 – Исходные данные для теплового расчета

Образец ТЗК	Толщина кожуха S, мм	Величина зазора Н, мм	$\lambda, \frac{Вт}{м^{\circ}С}$	$\alpha_{кр}, \frac{Вт}{м^2 \cdot ^{\circ}С}$	$\epsilon_{A,B}$	ϵ_C	ϵ_D
Алюминиевый	0,5	5	160	4,5	0,8	0,4	0,8
Стеклопластиковый	1,5	10	0,5	5,6	0,8	0,04	0,8
Углепластиковый	1,5	10	1,6	5,7	0,8	0,04	0,8

В результате расчета было получено температурное поле трубы с различными ТЗК. Значения температур в контрольных точках

представлены в таблице 3. Как видно из таблицы наименьший градиент температур достигается с образцом ТЗК из углепластика.

Таблица 3 – Результаты теплового расчета

Образец ТЗК	Толщина кожуха S, мм	Величина зазора Н, мм	$T_0, ^{\circ}С$	$T_1, ^{\circ}С$	$T_2, ^{\circ}С$	$T_3, ^{\circ}С$	$T_4, ^{\circ}С$	$T_5, ^{\circ}С$	$\Delta T, ^{\circ}С$
Алюминиевый	0,5	5	35	80,32	47,25	47,75	46,37	47,2	0,9
Стеклопластик с фольгой	1,5	10	35	102	44,3	43,8	43,54	44,2	0,76
Углепластик с фольгой	1,5	10	35	101,7	42,1	41,6	41,34	42	0,66

На рис. 4 представлено температурное поле трубы с ТЗК из углепластика с внутренним слоем фольги. По результатам расчета, было установлено, что применение такого кожуха снижает градиент температур до 0,66 °С.

По данным расчета можно сделать выводы о том, что градиент температур будет уменьшаться с увеличением толщины кожуха и увеличением воздушного зазора (рис. 5). Поскольку имеются ограничения к конструкции кожуха (радиус обметания изделия, масса кожуха), то оптимальная толщина принята 1,5 мм, а величина воздушного зазора – 10 мм.

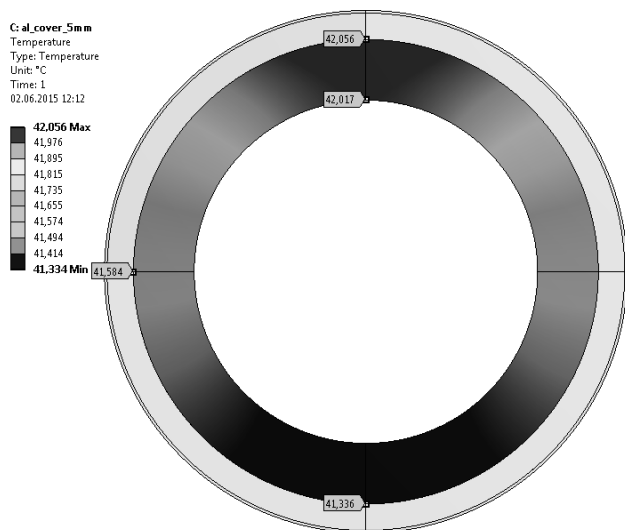


Рисунок 4 – Температурное поле трубы с ТЗК из углепластика

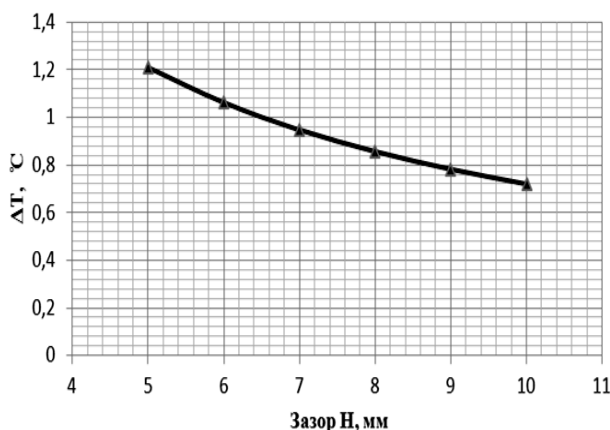


Рисунок 5 – Зависимость градиента температур от величины зазора (для углепластикового кожуха)

Для оценки значения деформаций, возникающих от температурного воздействия солнечной радиации, был произведен расчет напряженно-деформированного состояния, сопряженный с тепловым расчетом. В результате расчета получены величины максимальных перемещений, возникающих в результате несимметричного воздействия солнечной радиации.

По результатам расчета было выявлено, что минимальные искривление оси трубы достигаются при использовании ТЗК из углепластика (рис.6).

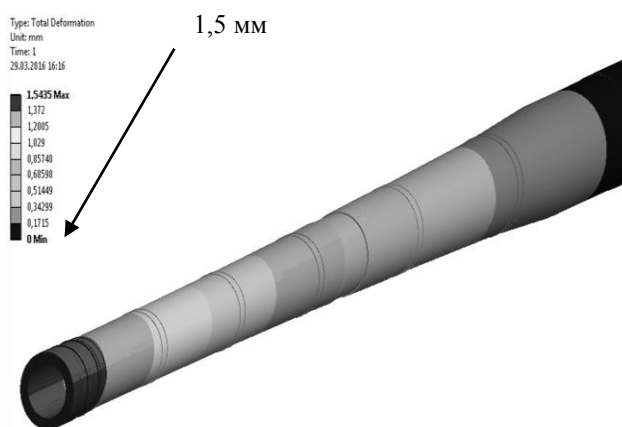


Рисунок 6 – Поперечные перемещения трубы под действием температурных напряжений (с углепластиковым кожухом)

Выводы

Разработанная расчетная модель, реализованная в программном комплексе Ansys, позволяет найти оптимальные конструктивные параметры ТЗК и теплофизические характеристики. Экспериментальные данные показали адекватность применяемого расчетного метода и позволили скорректировать модель для исследования воздействия солнечной радиации на тепловое состояние трубы.

По результатам проведенных исследований можно определить пути повышения эффективности разрабатываемого ТЗК из композиционного материала:

а) применение высокотеплопроводных волокон;

б) повышение теплопроводности связующего, за счет введения мелкодисперсных наполнителей;

в) увеличение толщины кожуха (при допустимом увеличении массы и габаритов).

При дальнейшей проработке и корректировке разработанной методики оценки эффективности ТЗК необходимо учесть: нагрев внутренней поверхности канала трубы при ее функционировании, зависимость коэффициента теплоотдачи от температуры и координаты, а также анизотропию свойств материала.

Литература

1. Mark L. Bundy et al, Thermal shroud for a gun tube. Patent US, no. 4841836, 1989.
2. Peter F. Taylor et al, Thermal jacket for elongated structures. Patent US, no. 4346643, 1982.
3. Alistair R. Milne et al, Thermal sleeve for gun barrels. Patent US, no. 4638713, 1987.
4. Izumi Higashi, Gun barrel for tank. Patent US, no. 4753154, 1988
5. Gert Schlenkert et al, Thermal insulation jacket for a gun barrel. Patent US, no. 8347773 B2, 2013
6. Tae-Ho Han, Analysis of the effectiveness of thermal shroud on the thermal deformation of a gun barrel, NDIA 41st Annual Armament Systems: gun and missile systems Conference & Exhibition, march 27-30, 2006
7. Г.Н Дульнев Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре. - М.: Высш. шк., 1984
8. Г.Н Дульнев, Теория тепло- и массообмена. – СПб: НИУ ИТМО, 2012.
9. В.А. Бруяка, Инженерный анализ в Ansys Workbench. – Самара : Самар. гос. техн. ун-т, 2010
10. Г.Н Дульнев и др. Исследование теплопроводности композиционных материалов из металлических волокон и порошков. Ж. Теплофизика высоких температур №6, том 13, ЛИТМО, 1975
11. Г.Н Дульнев и Ю.П Заричняк Теплопроводность смесей и композиционных материалов. Справочная книга. Л., «Энергия», 1974
12. А.Ф. Крегерс, И.А. Репелис, А.М. Толкс. Теплопроводность волокнистого композита и его составляющих, ж. Механика композитных материалов №4, 1987, с. 604...608

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО ПЕРИОДА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КОММУНАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

А.Г. Лепеш¹, Т.В. Потемкина²

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

В статье описывается методика определения оптимального периода технического обслуживания техники на примере уборочной машины для содержания дорог.

Ключевые слова: эксплуатация, простой, работоспособное состояние.

THE METHOD OF CALCULATING THE OPTIMUM PERIOD OF MAINTENANCE OF MUNICIPAL VEHICLES

A.G. Lepesh, T.V. Potemkina

*Saint-Petersburg state economic University (FINEC),
191023, Saint-Petersburg, st. Sadovaya, 21*

The article describes the method of determining an optimal maintenance period of equipment on the example of harvesting machines for maintenance of roads.

Key words: operation, simple, healthy state.

Основным способом поддержания машин и оборудования на сегодняшний день предусмотрен планово-предупредительный (планово-восстановительный) ремонт (ППР) [1]. Однако в связи со значительным старением парка коммунальных машин и оборудования из-за несоблюдения сроков ППР планово-восстановительный ремонт практически полностью вытеснили аварийно-восстановительные работы [2, 3], единичные затраты на проведение которых в 2,5 ÷ 3 раза выше. В работе [4] описывается методика совершенствования технического обслуживания, основанная на поэтапном совмещении работ при оптимизации по критериям периодичности и суммарного ущерба вследствие отказов в межремонтный период.

При сокращении межрегламентного периода повышается надежность агрегатов машин за счет своевременного проведения контрольно-регулирующих работ. Однако при этом одновременно увеличивается объем профилактики. Очевидно, имеется определенное оптимальное значение величины периода выполнения технического обслуживания (ТО), при котором обеспечивается лучшее соотношение между надежностью агрегатов и объемом регламентных работ.

Рассмотрим вопрос оптимизации параметров ТО коммунальной техники на примере уборочной машины для содержания дорог

(УМСД) с учетом особенностей процесса ее эксплуатации.

Здесь в ходе организации ТО возникают следующие особенности – обслуживание проводится исходя из целесообразности, с учетом складывающейся обстановки. При этом должны учитываться две противоположные тенденции – с одной стороны, вывод машины на ТО предполагает невозможность ее использования по назначению, с другой стороны, увеличение интервала между обслуживанием ведет к увеличению вероятности нахождения агрегатов машины в состоянии скрытого отказа и, таким образом, снижает уровень его готовности.

Для удобства дальнейшего изложения методики будем использовать символы и определения в соответствии с таблицей 1.

В качестве параметра оптимизации следует выбрать период технического обслуживания $T_{ТО}$, так как уборочная машина для содержания дорог может быть выведена на некоторое время из условий эксплуатации. Этот выбор обусловлен тем, что продолжительность ТО задается объемом необходимых работ по ТО, в то время как период проведения обслуживания – уровнем безотказности изделия и зависимостью безотказности от режимов эксплуатации.

¹Лепеш Алексей Григорьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры Машины и оборудование бытового и жилищно-коммунального назначения, СПбГЭУ, тел.: +7 904 510 5271, e-mail: alepesh@yandex.ru;

²Потемкина Татьяна Владимировна – старший преподаватель кафедры Машины и оборудование бытового и жилищно-коммунального назначения, СПбГЭУ, тел.: +7 905 256 0474, e-mail: tatatav@bk.ru

Таблица 1 – Условные обозначения

Символ	Обозначения
$T_{ТО}$	Период технического обслуживания
$K_{ПР}$	Коэффициент простоя
$t_{ПР}$	Суммарное время пребывания машины в простое
K_G	Коэффициент использования
$t_{нэ.со}$	Время, характеризующее скрытый отказ
T_6	Среднее время восстановления работоспособности агрегата машины (время восстановления)
$t_{нр}$	Среднее суммарное время вынужденного простоя УМСД за время работы в период технического обслуживания
$\tau_{мо}$	Среднее время, затраченное на выполнение регламентных работ
$t_{6\Sigma}$	Среднее суммарное время восстановления
$t_{ож}$	Среднее суммарное время нахождения УМСД в неисправном состоянии
$t_{нэ.со}$	Суммарное время нахождения УМСД в состоянии скрытого отказа (не эксплуатируется, транспортируется или хранится)
n	Суммарное число отказов, возникших при работе в неэксплуатируемом состоянии
$n_{нэ}$	Среднее число отказов, возникающих в неэксплуатируемом состоянии
$\lambda_{нэ}$	Интенсивность отказов при нахождении УМСД в неэксплуатируемом состоянии
t_m	Время работы УМСД в эксплуатируемом состоянии
$n_э$	Среднее число отказов, возникающих в эксплуатируемом состоянии
λ_m	Интенсивность отказов при нахождении УМСД в эксплуатируемом состоянии
τ	Момент возникновения неисправности
$\omega(\tau)$	Частота отказов элементов и агрегатов УМСД
$\lambda_{н.о}$	Интенсивность постепенных отказов
$f_x(x)$	Плотность распределения моментов отказов
$K_{нэ}$	Коэффициент пересчета интенсивности отказов агрегатов УМСД от режима работы

Учитывая назначение ТО, в качестве критерия, по которому оптимизируется период $T_{ТО}$, используется минимум коэффициента простоя $K_{ПР}$ на интервале $[0, T_{ТО}]$, который определяется соотношением суммарного времени пребывания изделия в простое $t_{ПР}$ к величине рассматриваемого интервала: $K_{ПР} = \frac{t_{ПР}}{T_{ТО}}$.

Простои изделия связаны с невозможностью применения изделия по назначению ввиду выполнения планового ТО, либо с нахождением изделия в неработающем состоянии.

Следует отметить, что $K_{ПР}$ и коэффициент использования (готовности) K_G определяются вероятностями противоположных событий, поэтому $K_G = 1 - K_{ПР}$. То есть уменьшение $K_{ПР}$ ведет к увеличению K_G изделия.

Далее, следуя подходу к оптимизации периода ТО, состоящему в определении зависимости слагаемых времени простоя от периода ТО, и минимизации величины коэффициента простоя, получим значение оптимального периода $T_{ТО}$:

$$\frac{T_{ТО}}{K_{ПР}(T_{ТО})} \rightarrow \min.$$

Рассмотрим методику определения оптимального периода проведения регламентных работ на УМСД, при котором коэффициент использования K_G будет наибольшим.

В ходе эксплуатации периодически проводится ТО. Во время ТО использование УМСД по назначению не предусмотрено. В интервалах между ТО УМСД используется для выполнения своих непосредственных функций.

Рассмотрим временные составляющие одного периода ТО при ожидании использования по назначению.

Отказы УМСД возникают во всех режимах эксплуатации – при выполнении своих функций, в режиме технического обслуживания, при перемещении, хранении, а также в моменты включения и выключения отдельных агрегатов. Отказы выявляются только при контроле технического состояния в момент эксплуатации во время проведения технического обслуживания, в связи с чем, в неработающем состоянии УМСД может находиться в состоянии скрытого отказа $t_{нэ.со}$. Среднее время восстановления работоспособности изделия составляет T_6 .

Исходя из описанной модели эксплуатации, перечислим события, определяющие простой УМСД:

- машина находится на техническом обслуживании;
- машина не эксплуатируется, находится в режиме хранения или перемещения и находится в состоянии скрытого отказа;
- проводится восстановление работоспособного состояния машины.

Среднее суммарное время вынужденного простоя УМСД за время работы в период технического обслуживания определяется суммой следующих слагаемых:

$$t_{нр} = \tau_{мо} + t_{6\Sigma} + t_{ож} + t_{нэ.со}, \quad (1)$$

где: $\tau_{мо}$ - среднее время, затраченное на выполнение регламентных работ; $t_{6\Sigma}$ - среднее суммарное время восстановления; $t_{ож}$ - среднее

суммарное время нахождения УМСД в неисправном состоянии; $t_{нэ.сo}$ – суммарное время нахождения машины в состоянии скрытого отказа (не эксплуатируется, транспортируется или хранится).

Среднее суммарное время восстановления определяется как

$$t_{\sigma\Sigma} = nT_{\sigma}, \tag{2}$$

где n - суммарное число отказов, возникших при работе в неэксплуатируемом состоянии.

Среднее число отказов, возникающих в неэксплуатируемом состоянии:

$$n_{нэ} = \lambda_{нэ}(T_{TO} - t_{\sigma}), \tag{3}$$

где: $\lambda_{нэ}$ - интенсивность отказов при нахождении УМСД в неэксплуатируемом состоянии; t_m – время работы МДЗСД в эксплуатируемом состоянии.

Среднее число отказов, возникающих в эксплуатируемом состоянии:

$$n_{\sigma} = \lambda_{\sigma}t_{\sigma}, \tag{4}$$

где λ_{σ} - интенсивность отказов при нахождении УМСД в эксплуатируемом состоянии.

Суммарное время восстановления $t_{\sigma\Sigma}$ определяется выражением:

$$t_{\sigma\Sigma} = T_{\sigma}(n_{нэ} + n_{\sigma}) = T_{\sigma} \times \dots \times (\lambda_{нэ}(T_{TO} - t_m) + \lambda_{\sigma}t_{\sigma}). \tag{5}$$

Время $t_{ож}$ обусловлено тем, что некоторые неисправности выявляются только при профилактике. Это справедливо для постепенных отказов, которые обнаруживаются обычно при выполнении профилактики с помощью контрольной аппаратуры, а для полных отказов $t_{ож}=0$, так как их начинают устранять сразу после возникновения.

Среднее время нахождения УМСД в неисправном состоянии $t_{ож}$ в течение межрегла-

ментного периода T_{TO} может быть найдено путем интегрирования

$$t_{ож} = \int_0^{T_{TO}} \omega(\tau) (T_{TO} - \tau) d\tau, \tag{6}$$

где τ - момент возникновения неисправности; это случайная величина, принимающая значения в пределах $0 \leq \tau \leq T_{TO}$, $\omega(\tau)$ - частота отказов УМСД.

Предполагая, что при периодическом устранении постепенных отказов путем регулировок и замены элементов агрегатов моменты появления отказов представляют собой простейший поток случайных событий и, производя интегрирование (6), получим:

$$t_{ож} = T_{TO} - \frac{1}{\lambda_{н.о}} (1 - e^{-\lambda_{н.о}T_{TO}}). \tag{7}$$

Суммарное время нахождения УМСД в состоянии скрытого отказа при неэксплуатируемом состоянии определяется как математическое ожидание интервала времени скрытого отказа. Если $f_x(x)$ плотность распределения моментов отказов изделия в неэксплуатируемом состоянии, то

$$t_{нэ.сo} = \int_0^{t_{нэ}} f_x(x)(t_{нэ} - x) dx. \tag{8}$$

При экспоненциальном законе распределения моментов отказов изделия в выключенном состоянии [7] с параметром $\lambda_{нэ}$ в результате интегрирования (8) получается следующее выражение:

$$t_{нэ.сo} = t_{нэ} - \frac{1}{\lambda_{нэ}} (1 - e^{-\lambda_{нэ}t_{нэ}}), \tag{9}$$

где $t_{нэ}$ – время нахождения УМСД в неэксплуатируемом состоянии.

Используя (1 - 9), запишем коэффициент вынужденного простоя

$$K_{ПП} = \frac{1}{T_{TO}} (\tau_{mo} + t_{\sigma\Sigma} + t_{ож} + t_{нэ.сo}) = \tag{10}$$

$$= \frac{\tau_{mo} + [T_{\sigma}(\lambda_{нэ}(T_{TO} - t_{\sigma}) + \lambda_{\sigma}t_{\sigma})] + [T_{TO} - \frac{1}{\lambda_{н.о}}(1 - e^{-\lambda_{н.о}T_{TO}})] + [t_{нэ} - \frac{1}{\lambda_{нэ}}(1 - e^{-\lambda_{нэ}t_{нэ}})]}{T_{TO}}$$

$$= \frac{\tau_{mo} + [T_{\sigma}(\lambda_{нэ}(T_{TO} - t_{\sigma}) + \lambda_{\sigma}t_{\sigma})] + [T_{TO} - \frac{1}{\lambda_{н.о}}(1 - e^{-\lambda_{н.о}T_{TO}})] + [T_{TO} - t_m - \frac{1}{\lambda_{нэ}}(1 - e^{-\lambda_{нэ}(T_{TO}-t_{\sigma})})]}{T_{TO}}.$$

Для определения оптимального периода $T_{TO.опт}$ произведем дифференцирование формулы (10) по периоду T_{TO} и приравняем нулю первую производную:

$$\frac{\partial K_{ПП}}{\partial T_{TO}} = - \frac{(\tau_{mo} + T_{\sigma}t_{\sigma}((\lambda_{\sigma} - \lambda_{нэ}) - t_{\sigma}))}{T_{TO}^2} + \frac{1}{\lambda_{н.о}T_{TO}^2} - \frac{T_{TO}\lambda_{н.о}e^{-\lambda_{н.о}T_{TO}} + e^{-\lambda_{н.о}T_{TO}}}{\lambda_{н.о}T_{TO}^2} + \frac{1}{\lambda_{нэ}T_{TO}^2} - e^{-\lambda_{нэ}t_{\sigma}} \left(\frac{T_{TO}\lambda_{нэ}e^{-\lambda_{нэ}T_{TO}} + e^{-\lambda_{нэ}T_{TO}}}{\lambda_{нэ}T_{TO}^2} \right). \tag{11}$$

Учитывая, что $T_{TO}\lambda_{н.о} \ll 1$ и $T_{TO}\lambda_{нэ} \ll 1$, произведем разложение функций $\lambda_{н.о}e^{-\lambda_{н.о}T_{TO}}$ и $\lambda_{нэ}e^{-\lambda_{нэ}T_{TO}}$ в степенной ряд и ограничимся первыми тремя членами. Тогда оптимальный

период проведения регламентных работ, при котором обеспечивается максимальный коэффициент использования, будет определяться следующим образом:

$$T_{TO.opt} = \sqrt{\frac{2(\tau_{TO} + T_B t_3 (\lambda_3 - \lambda_{H3}))}{\lambda_{п.о}}}. \quad (12)$$

Опыт эксплуатации УМСД показывает, что в неработающем состоянии интенсивность отказов значительно меньше, чем в эксплуатируемом состоянии, во время подготовки к использованию и использования по назначению.

Для оценки сохранности удобно использовать коэффициент пересчета интенсивности отказов агрегатов от режима работы в неэксплуатируемом режиме к режиму эксплуатации:

$$K_{H3} = \frac{\lambda_{H3}}{\lambda_3}. \quad (13)$$

Величина коэффициента пересчета K_{H3} для комплектующих УМСД приближенно оценивается значением $K_{H3} = (1 \div 10)10^{-3}$.

С учетом формулы (13) формула (12) примет вид

$$\begin{aligned} T_{TO.opt} &= \sqrt{\frac{2(\tau_{TO} + T_B t_3 \lambda_3 (1 - K_{H3}))}{\lambda_{п.о}}} = \\ &= \sqrt{2(\tau_{TO} + T_B t_3 \lambda_3 (1 - K_{H3})) T_{п.о}}. \quad (14) \end{aligned}$$

где: τ_{TO} - время, затрачиваемое на проведение регламентных работ; T_B - среднее время устранения одной неисправности; t_3 - время работы УМСД в эксплуатируемом режиме; $\lambda_3 = 1/T_0$ - интенсивность отказов комплектующих при работе в эксплуатируемом режиме (T_0 задано ТЗ); $\lambda_{п.о} = 1/T_{п.о}$ - интенсивность постепенных отказов.

Пример

Проверка проводится раз в год, т.е. период ТО $T_{TO} = 365 \cdot 24 = 8760$ часов, при этом согласно ТЗ: на $T_B = 0,5 - 1$ час, $\lambda_3 = 0,05 \text{ ч}^{-1}$, вероятность безотказной работы $P_0 = 0,95$, $t_3 = 300$ часов, время наступления постепенного отказа для заданной вероятности $T_{п.о} = 520$ часов, длительность профилактики $\tau_{TO} = 0,25$ часа, $K_{H3} = (1 \div 10)10^{-3}$. Подставляя исходные значения в (14) получаем $T_{TO.opt} = 1600$ часов, с учетом того, что наработка УМСД за месяц не должна превышать 144 часа, оптимальный период проведения технического обслуживания составит 11 месяцев.

Изложенный подход для расчета оптимального периода с учетом многорежимности процесса эксплуатации может быть легко распространен на случай произвольного количества режимов. Для этого в формуле (10) для расчета коэффициента простоя достаточно ввести слагаемые, характеризующие продолжительность нахождения агрегата в состоянии скры-

того отказа в этих режимах, и учесть количество возникающих в этих режимах отказов в формулах для расчета времени восстановления t_{Σ} . На продолжительности $t_{i\Sigma}$ режимов накладывается естественное ограничение:

$$\sum_i t_{i\Sigma} \leq T_{TO} - \tau_{TO} - t_{B\Sigma}$$

Необходимо отметить, что выражение (14) позволяет определить оптимальный период ТО, который может не совпадать с очередным регламентированным ТО, поэтому возникает необходимость в выборе очередного вида ТО.

Таким образом, исходя из необходимости минимизации времени простоя изделия в нерабочем состоянии, получено соотношение для расчета оптимального периода технического обслуживания УМСД с учетом особенностей их эксплуатации.

Литература

1. Лепеш Г.В. Диагностика и комплексное обслуживание инженерно-технических систем и оборудования зданий.// Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2009. № 1(35). с.6 – 16.
2. Лепеш, Г.В. Оперативный контроль и диагностика оборудования/ Г.В. Лепеш, В.Н.Куртов, Н.Г.Мотылев и др.// Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2009. № 3(9). с.8 – 16.
3. Лепеш, Г.В. Современные методы и средства диагностики оборудования инженерных систем зданий и сооружений.// Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2015. № 4(34). с. 3 – 8.
4. Кузнецова А.Д., Потемкина Т.В. Методика совершенствования технического обслуживания на примере коммунальных машин для зимнего содержания дорог.// Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2016. № 4(38). с.32 – 35
5. Вентцель, Е.С. Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель. – М. : Высшая школа, 2000.
6. Гнеденко, Б.В., Беляев, Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. М. : Наука, 1965
7. Надежность технических систем: Справочник / Ю.К. Беляев, В.А. Богатырев, В.В. Болотин. Под ред. И.А. Ушакова. – М. : Радио и связь. 1985



МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 628: 532.54

МЕТОДИКА ВЫБОРА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СКВАЖИННЫХ НАСОСОВ ТИПА ЭЦВ

Н.Л. Великанов¹, В.А. Наумов², С.И. Корягин³

^{1,3} *Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта (БФУ им. Канта), 236041, г. Калининград, ул. А. Невского, 14;*

² *Калининградский государственный технический университет (КГТУ), 236000, г. Калининград, Советский пр., 1*

Представлены основные этапы компьютеризации подбора центробежных скважинных насосов типа ЭЦВ. Получены эмпирические формулы, позволяющие оперативно, инженерными методами, рассчитать рабочие точки насосной установки в таких системах. Приведено сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными испытаний насосов. Представлены результаты расчета рабочих характеристик насоса, работающего в системе подачи трубопровода.

Ключевые слова: центробежные насосы, погрешность аппроксимации, напорные характеристики.

METHOD OF SELECTION OF CENTRIFUGAL SUBMERSIBLE PUMPS TYPE ECV

N.L. Velikanov, V.A. Naumov, S.I. Koryagin

The Baltic federal university of Immanuel Kant (BFU of Kant), 236041, Kaliningrad, st. A. Nevsky, 14; Kaliningrad State Technical University (KSTU), 236000, Kaliningrad, Sovetsky Ave., 1

Presents the main stages of the computerization of the selection of centrifugal borehole pumps ECV. Despite the broad, widespread use of centrifugal borehole pumps, no empirical formula for operational, engineering methods, to calculate the operating points of the pumping unit in such systems. The comparison of calculation results with experimental data test pumps. The polynomial approximation of third order is much better corresponds to the experimental points. Presents the results of calculating operational characteristics of the pump employed in the system supply piping.

Keywords: centrifugal pumps, error of approximation, pressure characteristics

Повышение энергетической эффективности работы насосных установок в системах водоснабжения – одна из наиболее важных задач научных исследований в области водного хозяйства. Опубликовано большое количество работ, посвященных различным аспектам данной проблемы [1-6].

Статья посвящена разработке сервисных компьютерных программ для подбора центробежных скважинных насосов. Рассмотрим

на примере насосов типа ЭЦВ [7]. ЭЦВ – один из наиболее широко распространённых в России тип скважинных электронасосных агрегатов [8]. Благодаря простоте конструкции данный вид насосов эксплуатируется на большинстве предприятий водного хозяйства, в системах водоснабжения населённых пунктов.

Условия эксплуатации насосов ЭЦВ [7]:

– температура воды – до 25 °С;

¹ *Великанов Николай Леонидович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии транспортных процессов и сервиса, БФУ им. И. Канта, тел. 8 (4012) 595 585; e-mail: monolit8@yandex.ru;*

² *Наумов Владимир Аркадьевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водных ресурсов и водопользования, КГТУ, тел. 8 (4012) 99 53 37; e-mail: vladimir.naumov@klgtu.ru;*

³ *Корягин Сергей Иванович – доктор технических наук, профессор, директор инженерно – технического института, БФУ им. И. Канта, тел. 8 (4012) 595 585; e-mail: SKoryagin@kantiana.ru*

- общая минерализация (сухой остаток) – до 1500 мг/л;
- содержание сульфатов – до 500 мг/л;
- содержание хлоридов – до 350 мг/л;
- содержание сероводорода – до 1,5 мг/л;
- содержание песка – до 100 мг/л.

Проектанты предусматривают возможность работы насосов самых разных областях:

- городское и сельское водоснабжение;
- ирригация, системы полива и орошения;
- промышленное водоснабжение;
- горнорудная промышленность;
- системы повышения давления;
- общепромышленное назначение;
- понижение уровня грунтовых вод.

В данной статье рассмотрены характеристики следующих насосов:

- ЭЦВ 4-2,5-65; ...; ЭЦВ 4-2,5-160;
- ЭЦВ 4-6,5-70; ...; ЭЦВ 4-2,5-150;
- ЭЦВ 4-10-140; ...; ЭЦВ 4-2,5-160.

Все насосы с внутренним диаметром обсадной трубы скважины 4 дюйма (первое число в условном обозначении после типа агрегата ЭЦВ). Второе число в условном обозначении – номинальная подача, м³/час; третье число – номинальный напор в метрах водяного столба).

Е.А. Прегер [9] предложил методику подбора лопастных насосов на основании аналитической зависимости напора от подачи $H=f(Q)$, которая была получена в результате анализа большого количества характеристик:

$$H(Q) = f_2(Q) = a_0 + a_1Q + a_2Q^2. \quad (1)$$

Таблица 1 – Погрешность аппроксимация напорной характеристики насосов ЭЦВ 4 ($Q_{ном} = 2,5$ м³/ч.)

№ пп	Марка насоса	Погрешность аппроксимации		
		$\varepsilon_2, \%$	$\varepsilon_3, \%$	$\varepsilon_4, \%$
1	ЭЦВ 4-2,5-65	0,41	0,38	0,31
2	ЭЦВ 4-2,5-80	0,25	0,21	0,22
3	ЭЦВ 4-2,5-100	0,24	0,26	0,23
4	ЭЦВ 4-2,5-120	0,66	0,69	0,31
5	ЭЦВ 4-2,5-140	0,61	0,24	0,25
6	ЭЦВ 4-2,5-160	0,33	0,31	0,30

Таблица 2 – Коэффициенты многочлена аппроксимации ($n = 2$) напорной характеристики насосов ЭЦВ 4 ($Q_{ном} = 2,5$ м³/ч.)

№ пп	Марка насоса	Коэффициенты аппроксимации				
		a_0	a_1	a_2	b_1	b_2
1	ЭЦВ 4-2,5-65	97,31	-7,918	-1,545	-0,0814	-0,0159
2	ЭЦВ 4-2,5-80	112,29	-8,690	-1,763	-0,0774	-0,0157
3	ЭЦВ 4-2,5-100	141,85	-9,600	-2,754	-0,0677	-0,0194
4	ЭЦВ 4-2,5-120	170,41	-13,129	-2,741	-0,0770	-0,0161
5	ЭЦВ 4-2,5-140	206,01	-18,388	-2,937	-0,0893	-0,0143
6	ЭЦВ 4-2,5-160	237,47	-20,102	-3,681	-0,0846	-0,0155

Методика не получила широкого распространения, в том числе из-за большой трудоемкости ручного счета. Современные компьютерные технологии позволяют проводить массовые расчеты и для более общей аппроксимации n -го порядка:

$$H(Q) = f_n(Q) = a_0 + a_1Q + a_2Q^2 + a_3Q^3 + \dots + a_nQ^n. \quad (2)$$

Воспользуемся данными испытаний центробежных скважинных насосов [7]. Средняя квадратическая погрешность аппроксимации n -го порядка [10]:

$$\varepsilon_n = 100 \cdot \sqrt{\frac{1}{N - (n + 1)} \cdot \sum_{i=1}^N \left(1 - \frac{H_i}{f_n(Q_i)} \right)^2}, \quad (3)$$

где N – объем выборки (количество экспериментальных точек).

В табл. 1 представлены результаты расчета по формуле (3) погрешности аппроксимации насосов наименьшего типоразмера ЭЦВ 4-2,5. Видно, что уже при $n = 2$ погрешность аппроксимации вполне приемлемая для инженерных приложений – менее одного процента. Поэтому можно использовать в расчетах формулу (1), как на рис. 1.

В табл. 2 показаны коэффициенты аппроксимации безразмерной напорной характеристики:

$$h(Q) = H(Q) / H_0 = 1 + b_1Q + b_2Q^2, \quad (4)$$

где $H_0 = a_0$ – напор насоса при нулевой подаче.

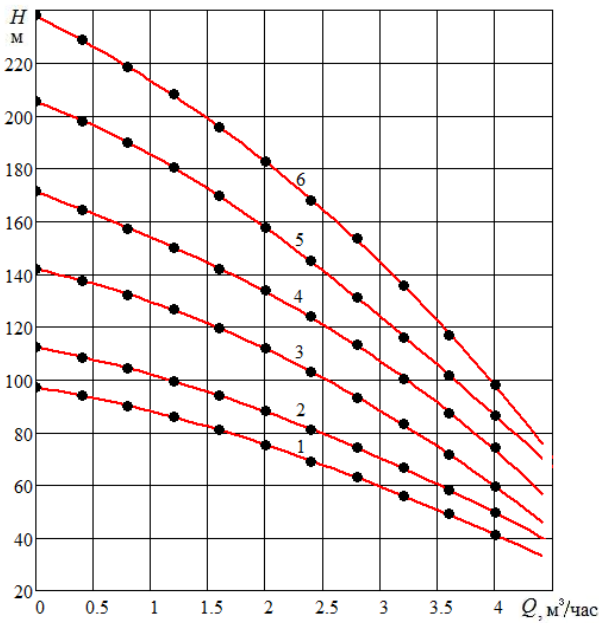


Рисунок 1 – Напорная характеристика центробежных насосов ЭЦВ 4 ($Q_{ном} = 2,5 \text{ м}^3/\text{ч}$): 1 – $H_{ном} = 65 \text{ м}$; 2 – 80 м; 3 – 100 м; 4 – 120 м; 5 – 140 м; 6 – 160 м. Точки – экспериментальные данные [7], линии – результаты расчета по (1)

По табл. 2 видно, что коэффициенты безразмерной напорной характеристики мало зависят от номинальной подачи. Сами безразмерные характеристики на рис. 2, практически, сливаются. Получена осредненная безразмерная напорная характеристика насосов ЭЦВ 4-2,5 (на рис. 2 – пунктирная линия 1):

$$\bar{h}(Q) = 1 - 0,0796 \cdot Q - 0,0161 \cdot Q^2. \quad (5)$$

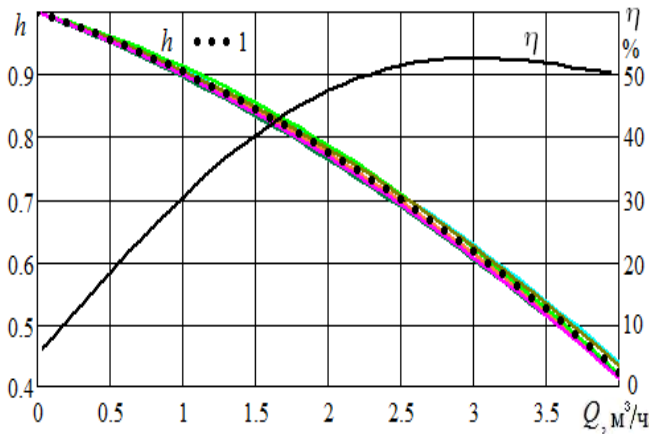


Рисунок 2 – Безразмерная напорная характеристика и КПД центробежных насосов ЭЦВ 4 ($Q_{ном} = 2,5 \text{ м}^3/\text{ч}$): 1 – результат расчета по формуле (1)

Зависимость КПД от подачи согласно каталогу [7] также не зависит для типоразмера ЭЦВ 4-2,5 от номинального напора и может быть аппроксимирована многочленом (см. рис. 2):

$$\eta(Q) = 7,66 + 25,28 \cdot Q + 0,705 \cdot Q^2 - \dots \dots - 2,216 \cdot Q^3 + 0,283 \cdot Q^4. \quad (6)$$

Из (5) следует формула для размерной напорной характеристики насосов ЭЦВ 4-2,5:

$$\bar{H}(Q) = H_0 \cdot (1 - 0,0796 \cdot Q - 0,0161 \cdot Q^2). \quad (7)$$

Погрешность формулы (6) не превышает 1 %.

В качестве примера рассмотрим трубопровод с гидравлической характеристикой

$$H_{TP} = 60 + 4,76 \cdot Q^2. \quad (8)$$

На рис. 3 показано графическое определение рабочей точки насосов ЭЦВ 4-2,5, работающих на такой трубопровод. Однако графический метод неудобен при проведении массовых проектных расчетов. В таком случае целесообразно использовать компьютерную программу, в которой для подбора параметров насоса совместно анализируются равенства (6)–(8).

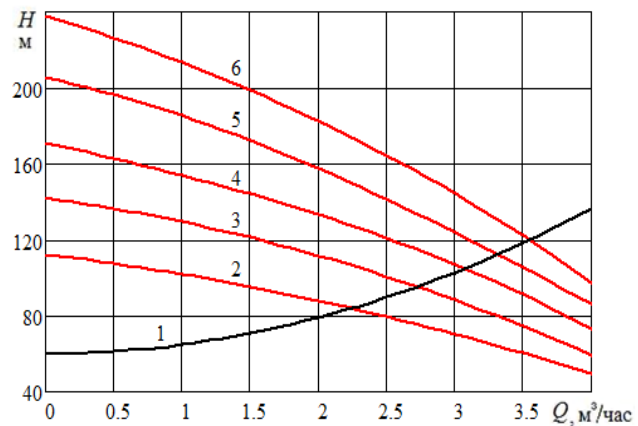


Рисунок 3 – Напорная характеристика трубопровода (линия 1) и центробежных насосов ЭЦВ 4 ($Q_{ном} = 2,5 \text{ м}^3/\text{ч}$): 2 – $H_{ном} = 80 \text{ м}$; 3 – 100 м; 4 – 120 м; 5 – 140 м; 6 – 160 м

Несколько иные результаты получаются при изучении напорных характеристик насосов ЭЦВ 4 ($Q_{ном} = 6,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $Q_{ном} = 10 \text{ м}^3/\text{ч}$), представленные в табл. 3 и табл. 4. Видно, что погрешность аппроксимации меньше, чем 1 %, достигается лишь при порядке многочлена $n = 3$ (дальнейшее увеличение n не приводит к заметному повышению точности расчетов).

На рис. 4 приведено сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными испытаний насосов. Многочлен аппроксимации третьего порядка заметно лучше соответствует экспериментальным точкам.

Таблица 3 – Аппроксимация напорной характеристики насосов ЭЦВ 4 ($Q_{ном} = 6,5 \text{ м}^3/\text{ч.}$)

№ пп	Марка насоса	Погрешность аппроксимации			Коэффициенты аппроксимации ($n = 2$)		
		$\varepsilon_2, \%$	$\varepsilon_3, \%$	$\varepsilon_4, \%$	a_0	a_1	a_2
1	ЭЦВ 4-6,5-70	1,27	0,53	0,57	94,09	-0,189	-0,538
2	ЭЦВ 4-6,5-85	1,17	0,26	0,25	108,91	-0,569	-0,489
3	ЭЦВ 4-6,5-115	1,94	0,84	0,36	141,18	-1,049	-0,516
4	ЭЦВ 4-6,5-130	1,52	0,40	0,35	155,54	-0,820	-0,520
5	ЭЦВ 4-6,5-150	1,66	0,86	0,23	184,19	-2,027	-0,537

Таблица 4 – Аппроксимация напорной характеристики насосов ЭЦВ 4 ($Q_{ном} = 10 \text{ м}^3/\text{ч.}$)

№ пп	Марка насоса	Погрешность аппроксимации			Коэффициенты аппроксимации ($n = 3$)			
		$\varepsilon_2, \%$	$\varepsilon_3, \%$	$\varepsilon_4, \%$	a_0	a_1	a_2	$\varepsilon_2, \%$
1	ЭЦВ 4-10-40	3,19	0,40	0,43	78,36	-1,565	0,124	-0,0310
2	ЭЦВ 4-10-55	3,20	0,97	1,08	99,65	-2,591	0,183	-0,0364
3	ЭЦВ 4-10-70	3,30	0,80	0,89	125,92	-4,149	0,351	-0,0503
4	ЭЦВ 4-10-85	3,25	1,01	1,02	156,95	-5,558	0,383	-0,0543
5	ЭЦВ 4-10-95	2,10	0,89	0,88	176,38	-4,321	0,092	-0,0470
6	ЭЦВ 4-10-110	3,79	1,06	0,98	194,47	-8,466	0,785	-0,0814

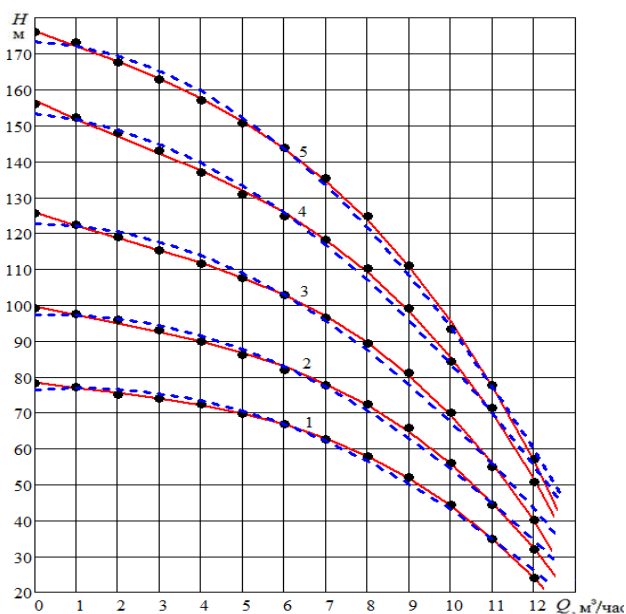


Рисунок 4 – Напорная характеристика центробежных насосов ЭЦВ 4 ($Q_{ном} = 10 \text{ м}^3/\text{ч.}$):
 1 – $H_{ном} = 40 \text{ м}$; 2 – $H_{ном} = 55 \text{ м}$; 3 – $H_{ном} = 85 \text{ м}$; 4 – $H_{ном} = 85 \text{ м}$; 5 – $H_{ном} = 95 \text{ м}$. Точки – экспериментальные данные [7], штриховые линии – результаты расчета по (1), сплошные линии – результаты расчета по (2) при $n = 3$

Литература

1. Арцев А. И., Бочеввер Ф. М., Лапшин Н. Н. и др. – М. Проектирование водозаборов подземных вод. – М.: Стройиздат, 1976. - 292 с.

2. Волков А.В., Панкратов С.Н., Чернышев С.А. Повышение эксплуатационных качеств центробежных насосов на основе применения фторопластовых покрытий // Вестник МЭИ. – 2008. – № 1. – С. 9-13.
 3. Лямасов А. К., Орахелашвили Б. М. Исследование гидромашин МГЭС: центробежный насос и гидродинамическая передача // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2013. – Т. 17, № 3, (56). – С. 189-193.
 4. Лысенко О.А. Режимы энергосбережения установок центробежных насосов с асинхронными двигателями // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т. 325, № 4. – С. 133-139.
 5. Григорьев С.В., Савин Л.А., Шахбанов Р.М. Обоснование возможности повышения энергетических характеристик центробежных насосов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2015. - № 7-2. С. 122-127.
 6. Иванов В. Б., Ситас В. И., Рихтер М. Оценка эффективности внедрения гидромуфт для регулирования производительности центробежных насосов // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – Т. 4, № 1 (24). – С. 55-60.
 7. ГМС группа. Каталог скважинных насосов ЭЦВ [Электронный ресурс]. URL: http://eds-sib.ru/assets/pdf/ECV_catalog.pdf (дата обращения 25.12.2016).
 8. АО «Ливенский завод погружных насосов» [Электронный ресурс]. URL: http://www.livnasos.ru/catalog/nasosy_ecv/ (дата обращения 25.12.2016).
 9. Прегер Е.А. Подбор лопастных насосов по уравнениям их характеристик. Информационно-технический листок № 23 (46). – Л.: Дом научно-технической пропаганды, 1954. – 15 с.
 10. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБЪЕМНО-АРМИРУЮЩИХ ПРЕФОРМ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

П.И. Богомолов¹, И.А. Козлов², М.А. Бирюля³

Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт материалов» (АО «ЦНИИМ») 191014, Санкт-Петербург, ул. Парадная д. 8

Рассмотрены развивающиеся технологии получения полимерных композиционных материалов на основе объемно-армирующих текстильных преформ, которые позволяют получать практически готовые стабильно-размерные изделия сложной структуры и формы с повышенными физико-механическими свойствами.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, объемно-армированные композиты, технология, ткачество, плетение, вязание, прошивка

A REVIEW OF MODERN TECHNOLOGIES OF MANUFACTURING OF THREE-DIMENSIONAL PREFORMS FOR ADVANCED COMPOSITE MATERIALS

P. I. Bogomolov, I. A. Kozlov, M. A. Biryulya

Joint-stock company "Central scientific-research Institute of materials" (JSC "CRIM") 191014, St.-Petersburg, str. Paradnaya, 8

Reviewed emerging technologies of polymeric composite materials on the basis of three-dimensional reinforcing textile preforms, which allows you to get almost a hundred ready-billno-dimensional articles of complex structures and shapes with improved physical and mechanical properties.

Keywords: polymer composites, volume-reinforced composites, technology, weaving, braiding, knitting, stitching

Введение

Развитие современной техники в значительной степени определяется наличием необходимых материалов, а повышение уровня технических требований к этим материалам растет с каждым годом. Как в оборонной, так и в гражданской промышленности создание новых образцов техники уже невозможно представить без композиционных материалов, которые обладают высокой удельной прочностью и жесткостью, а также способны работать в таких условиях эксплуатации, где традиционные конструкционные материалы неприменимы.

В настоящее время в области создания полимерных композиционных материалов (ПКМ) все большее распространение получают так называемые объемно-армированные композиты. Получение объемно-армированных композитов с 3-х и n- мерной структурой возможно за счет применения объемных текстильных преформ.

Армирующая преформа – это каркас из множества волокон (жгутов или нитей), кото-

рый формирует сложную объемную структуру и определяет степень и направления армирования композиционного материала. Изготавливается такой каркас различными способами, в том числе освоенными текстильной промышленностью. После формирования каркаса происходит последующая его пропитка связующим и отверждение.

В данной статье будут рассмотрены основные современные методы получения 3-д армирующих преформ, особенность их структуры и область применения ПКМ на их основе.

Актуальность применения объемно-армирующих преформ

Композиционные материалы, армированные непрерывными волокнами, в зависимости от количества направлений армирования можно разделить на: однонаправленные, двумерно-армированные и объемно-армированные [1].

¹Павел Иванович Богомолов – инженер 1-й категории, тел.: (812)271-49-72, e-mail: pavel.lab115@mail.ru;

²Игорь Анатольевич Козлов – кандидат химических наук, тел.: (812)271-49-72, e-mail: speckompozit@mail.ru;

³Максим Анатольевич Бирюля – инженер 1-й категории тел.: (812)271-49-72.

Наибольшее распространение для композитов с полимерной матрицей получили схемы армирования 1Д, 2Д, 3Д и 2,5Д (рис.1):

– 1Д – упрочняющие волокна проходят в одной плоскости и в одном направлении (однонаправленные пластики);

– 2Д – армирование осуществляется в одной плоскости, но в разных направлениях (слоистые пластики);

– 3Д – упрочняющие волокна располагаются в трехмерном пространстве (объемно-армирующие тканые и нетканые наполнители);

– 2,5 Д – частный случай схемы 3Д. Волокна проходят в плоскости ХУ, но часть волокон выходит из плоскости ХУ (контурные ткани – ткани, в которых геометрическая форма совпадает с формой армируемых деталей, например, получаемые радиальным плетением).

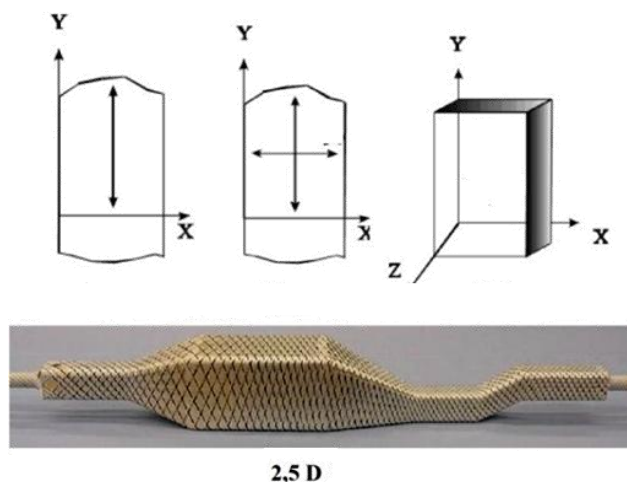


Рисунок 1 – Классификация конструктивных армирующих наполнителей

Однако, еще в конце 60-х годов, в ракетостроении широко начали применяться углерод – углеродные композиционные материалы (УУКМ), в которых число направлений армирования могло достигать 5 и более. Чем больше направлений укладки волокон, тем больше структура материала близка к изотропной [2]. Выбор количества направлений армирования и схемы укладки волокон зависит от условий эксплуатации конкретного изделия с учетом распределения нагрузок и других предъявляемых требований. При этом немаловажен экономический фактор, ведь помимо всего прочего, технологический процесс изготовления детали из ПКМ должен быть оптимизирован, поэтому к созданию данного рода материалов необходимо подходить комплексно.

Начиная с середины 50-х годов, как в военной, так и в гражданских отраслях промышленности широкое применение нашли

слоистые ПКМ (двумерно-армированные), изготавливаемые различными методами (ручная выкладка, прессование, намотка, автоклавное формование и др.). Технологии получения таких материалов отработаны в течение многих лет. Данные материалы способны эффективно работать под нагрузкой в плоскости армирования, но в силу отсутствия в таких ПКМ волокон в Z-направлении их применение в некоторых конструкциях может быть ограничено или невозможно. Композиционные материалы, в которых отсутствуют волокна в поперечном направлении, больше подвержены расслаиванию, имеют низкое сопротивление сдвиговым деформациям и ударным нагрузкам.

У традиционных слоистых пластиков прочность в Z-направлении обеспечивается за счет когезионной прочности матрицы и ее адгезией к волокнистому армирующему наполнителю, что составляет порядка 3-4% от прочности композита в главной плоскости армирования. Наглядно характерная для двумерно-армированных ПКМ низкая сопротивляемость межслойному сдвигу и поперечному отрыву иллюстрируется на рис.2, на котором приведены данные по предельному растягивающему напряжению образцов с различным волокнистым наполнителем [3].

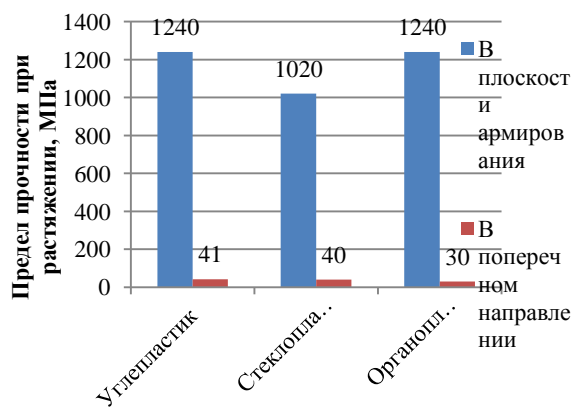


Рисунок 2 – Предел прочности на растяжение слоистых ПКМ (с эпоксидной матрицей)

Для устранения данной особенности применяются методы введения третьего направления армирования. Увеличение числа направлений армирования способствует повышению ударной вязкости ПКМ, уменьшает вероятность расслаивания, создает возможности проектирования ПКМ с заданной пространственной анизотропией физико-механических свойств или наоборот, приближение его структуры к изотропной.

Решению этой проблемы способствуют активно развивающиеся современные текстильные технологии, а именно технологии по-

лучения объемно-армирующих преформ. Методы получения объемно-армирующих преформ можно классифицировать следующим образом (рис.3).

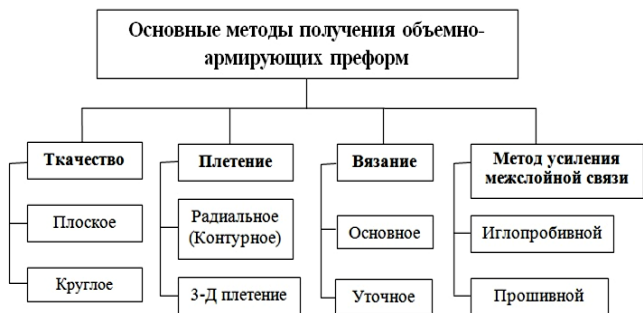


Рисунок 3 – Классификация методов изготовления армирующих преформ

Наибольшее распространение на данный момент в промышленности распространены

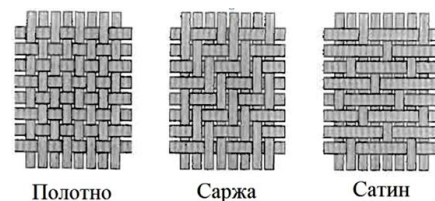
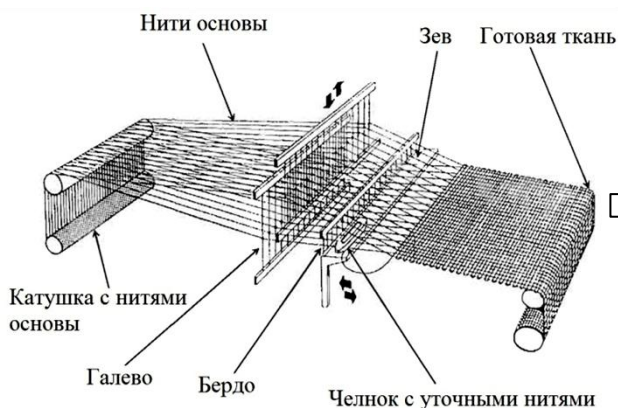


Рисунок 4 – Процесс ткачества и типовые модели 2-Д ткани

Две системы нитей расположены относительно друг друга в 2-х взаимно перпендикулярных направлениях. В процессе ткачества нити основы сматываются с катушки и проходят сквозь глазки галев, с помощью которых нити перемещаются вверх или вниз, между «зубьями» берда. Перемещаясь в верхнее и нижнее положение нити основы образуют про-

странство, называемое зевом, в которое челноком вводится уточная нить [4]

Главное отличие 3-Д ткачества от обычного – наличие нескольких слоев нитей основы, которые подаются параллельно, а зев образуется при помощи специального «жаккардового» устройства, которое позволяет управлять каждой нитью в отдельности (рис. 5).

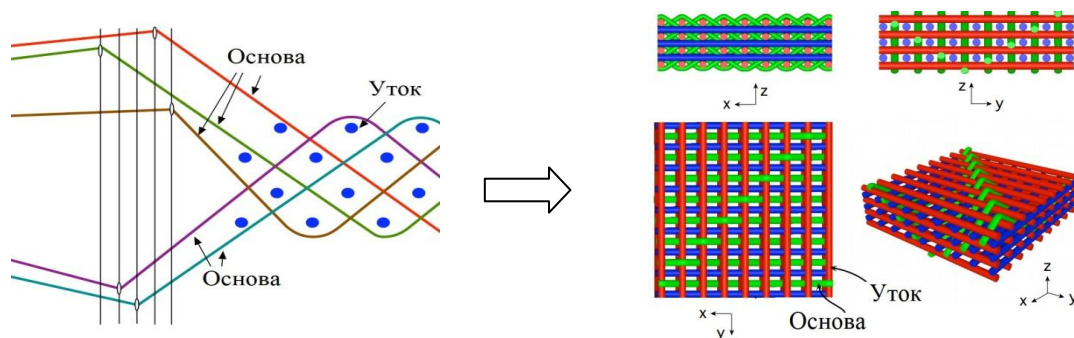


Рисунок 5 – Схема получения 3-Д тканной преформы и ее возможная структура [5]

Также существует круглое ткачество, в процессе которого уток при изготовлении преформы образует концентричные кольцевые витки, за счет того, что уточная нить прокладывается в круговой волновой зев. В итоге получается 3-х мерная структура, армированная в направлении образующей, а также в радиальном и кольцевом направлении.

ПКМ на основе объемно-армирующих преформ, полученные ткачеством, широко применяются в изделиях аэрокосмического назначения, а именно:

- в газотурбинных двигателях (роторы, лопасти несущего винта, изоляция);
- Т-секции элементов фюзеляжа летательных аппаратов;
- ребра жесткости;
- ведущие края и разъемы для крыльев самолетов;
- балки различного профиля;
- крышки люков.

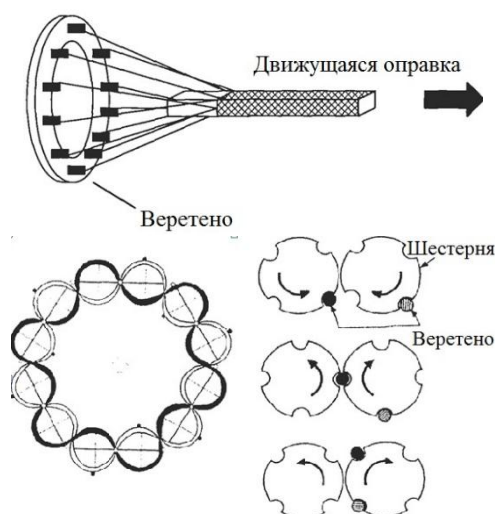


Рисунок 6 – Процесс радиального плетения

В такой плетельной машине имеется две группы носителей волокнистого наполнителя (веретен). Движение веретен происходит по круговой волнообразной траектории, причем одна группа движется по часовой стрелке, а другая - против. Осуществляется это движение за счет зубчатых передач. Также, в модернизированных оплеточных машинах возможно применение третьей неподвижной группы нитей, проходящей в осевом направлении.

Современное оборудование для получения объемно-армирующих преформ плетением является довольно сложным. Например, в плетельной машине компании Herzog (Германия) применяются роботизированные многоосевые манипуляторы, которые перемещают оправку по запрограммированному алгоритму. В результате можно получить преформу самой раз-

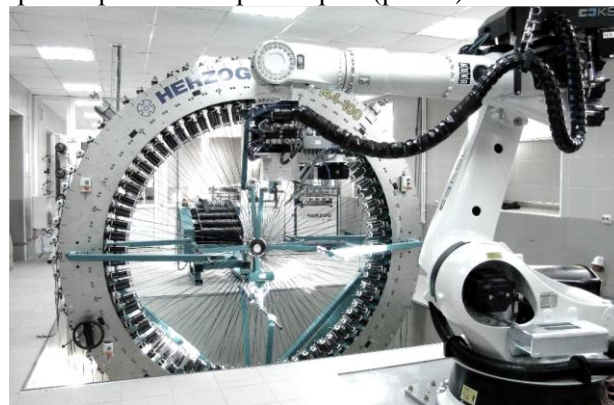
Плетение

Другим основным способом получения текстильных преформ является метод плетения. Существует 2 вида плетельных преформ – плетеные в цилиндрической системе координат (радиальное плетение) и в декартовой. Главным отличием плетения от ткачества является то, что в процессе плетения все носители волокна движутся одновременно и непрерывно, т.е. нет четкого разделения на нити основы и нити утка. Но в сложных машинах используется иногда и несколько групп нитей.

Процесс радиального плетения известен давно, с его помощью получают разного рода оплетки, шнуры, канаты. В основном плетеные преформы для ПКМ изготавливают в виде подвижного рукава или многослойной оплетки оправки как цилиндрической, так и сложной формы (2-Д и 2,5-Д структуры). Принцип изготовления преформы на машине радиального плетения показан на рис. 6.

нообразной конфигурации, в том числе и больших габаритов (рис. 7).

Другой способ получения 3-Д армирующих преформ методом плетения – плетение в декартовой системе координат. В таких машинах все веретена расположены рядом в одной плоскости и каждое из них может поворачиваться независимо друг от друга по запрограммированной траектории (рис. 8).



Биаксиальное переплетение



Триаксиальное переплетение

Рисунок 7 – Радиально-плетельная машина Herzog

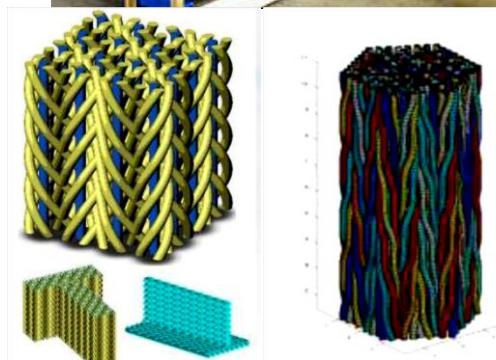


Рисунок 8 – 3-Д плетельная машина и производимые на ней структуры

Примеры изделий, полученных на основе плетеных текстильных преформ:

- лонжероны и шпангоуты летательных аппаратов,
- фюзеляж ракет;
- валы гребных винтов;
- С-, Т- и J- панели;
- конуса обтекателей ракет и сопла двигателей;
- балки и фермы;
- лопасти винта;
- арочные элементы;
- рамы велосипедов;
- медико-биологическое оборудование.

Вязание

На первый взгляд, вязание тяжело ассоциировать с производством композитов, но некоторые свойства вязаного трикотажа делают его идеально подходящим в качестве армирующего наполнителя. Традиционно вязание делится на уточное и основное. Формирование трикотажного полотна происходит при помощи ряда близко расположенных спиц (игл), которые тянут петли из исходного волокнистого материала, а затем соединяют их друг с другом (рис. 9).

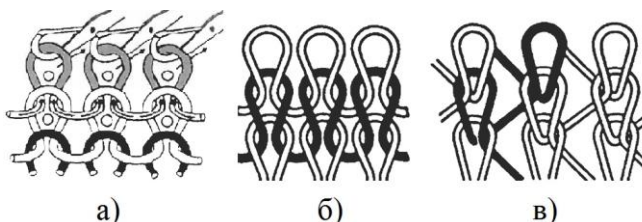


Рисунок 9 – Вязание: а) – Процесс вязания; б) – уточное вязание; в) – основное вязание

При вязании уточного трикотажа, одна нить проходит через все иглы в ряду, в основном же через каждую иглу проходит своя нить (пряжа), по аналогии с ткацким производством. Трикотаж, связанный таким образом считается, по сути, двумерной тканью, но если в вязальной машинке разместить несколько рядов спиц, то можно получить многослойную структуру, причем все слои будут связаны между собой.

Конечно, большой минус такого способа получения преформы для ПКМ это сильное искривление волокон в процессе вязания, это негативно сказывается на прочностных характеристиках изделия, а также ограничивает спектр применимых волокнистых материалов. Например, в стандартной вязальной машинке затруднительно будет связать изделие из высокомодульных углеродных волокон, потому что они будут ломаться в процессе зацепления их спицами. Но несмотря на данный факт, вязанные наполнители прекрасно драпируются и подходят для изготовления деталей сложной формы.

Прошивка

Еще одним методом введения волокон в Z-направлении – метод прошивного армирования. Суть данного метода заключается в прошивке двумерно – армированной структуры, например, нескольких слоев ткани, при помощи специальной швейной машины (рис.10).

Преимуществами данного метода является возможность локально армировать готовую структуру, в местах концентраций напряжений, например, вблизи отверстий или по краям фланцев, также можно уменьшить количество крепежных элементов (болтов, винтов или клепок). За счет введения волокон таким образом повышается прочность композита при межслойном сдвиге и повышается ударная вязкость. Но при этом необходимо понимать, что в процессе усиления композита в Z-направлении происходит повреждение волокон в плоскости XY.

Заключение

Развивающиеся технологии получения полимерных композиционных материалов на основе объемно-армирующих текстильных

преформ, позволяет получать практически готовые стабильно-размерные изделия сложной

структуры и формы с повышенными физико-механическими свойствами.

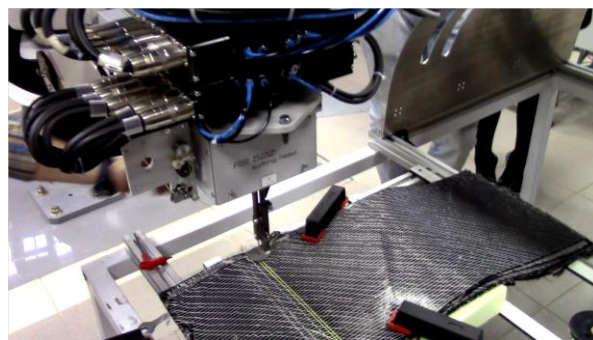
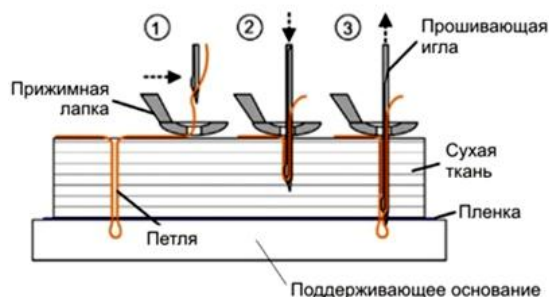


Рисунок 10 – Технология прошивного армирования

Изделия на основе объемно-армирующих преформ имеют:

✓ повышенные физико-механические характеристики: увеличенная прочность при поперечном отрыве; повышенное сопротивление сдвиговым деформациям; высокое сопротивление ударным нагрузкам; значительное сопротивление усталостному разрушению.

– уникальные теплофизические характеристики (как для теплозащитных, так и для теплоизолирующих изделий).

– целостность структуры материала (отсутствие стыков, швов и т.д.).

– стабильность свойств, размеров и формы изделий.

Преимуществами рассмотренных методов получения объемно-армирующих преформ являются:

– Возможность формирования 3-х и n-направлений армирования, в зависимости от требуемой анизотропии свойств изделия;

– Возможность варьировать направлением и углами армирования (в т.ч. и в процессе изготовления преформы)

– Возможность получения изделий сложной геометрической формы, различной толщины, длины и переменного сечения;

– Существенное сокращение времени производства и отходов;

– Применения средств автоматизированного проектирования и изготовления изделий.

Для получения конечного изделия из объемно-армирующей преформы необходимо произвести пропитку каркаса связующим с последующим отверждением. Для этого применяются такие безавтоклавные методы формования, как пропитка под давлением RTM (Resin Transfer Molding), вакуумно-инфузионный VARTM (Vacuum Assisted Resin Transfer Molding) и пропитка с использованием пленочного связующего RFI (Resin Film Infusion).

Преимуществами данных методов является отсутствие необходимости использования дорогостоящего оборудования, хорошие условия труда (исключение непосредственного контакта человека со связующим), относительно невысокая стоимость процесса

Областью применения полимерных композиционных материалов на основе объемно-армирующих плетеных преформ являются такие отрасли как:

– Авиация и ракетостроение (роторы, лопатки турбин, лопасти вентиляторов, корпуса двигателей, лонжероны, конусы, различные элементы корпусов летательных аппаратов)

– Машиностроение (балки, валы, рамы, каркасы, трубы, ребра жесткости)

– Строительство (арочные элементы, ограждения, арматура, канаты, трубы, профили различной формы)

– Медицинское оборудование

– Спортивный инвентарь.

Литература

1. Шевченко А.А. Физикохимия и механика композиционных материалов: Учебное пособие для вузов. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2010. 224 с.
2. Васильев В.В., Протасов В.Д., Болотин В.В. и др. Композиционные материалы: Справочник. – М.: Машиностроение, 1990, 512 с.
3. L.Tong. 3D Fibre Reinforced Polymer Composites. / L.Tong, A.P.Mouritz, M.K.Bannister. // Oxford: Elsevier Science Ltd, 2002. - 241 с.
4. А.М. Шагеев, Н.С. Микрюкова, Е.В. Лапин. Цельнотканые каркасы-оболочки -- наполнители перспективных композиционных материалов, ж. Вестник ПНИПУ, Аэрокосмическая техника, 2015 №42.
5. F.Stig. 3D-woven Reinforcement in Composites. / Fredrik Stig // Doctoral Thesis. Stockholm, Sweden, 2012.

СИНТЕЗ И ДИЗАЙН ТЕПЛООБМЕННЫХ СЕТЕЙ ЭНЕРГОПРЕОБРАЗУЮЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Д.С. Агапов¹

*Санкт-Петербургский государственный аграрный университет (СПбГАУ),
196605, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское ш. д.2.*

Рассмотрены примеры применения пинч-технологии решения задач структурной оптимизации технических систем. В частности, для обеспечения возможности интеграции теплоты в ДВС предлагается использовать процессы термохимической конверсии топлив. В статье изложены технические решения по утилизации низкопотенциальной теплоты интеркулера второй ступени изменением конструкции утилизационного модуля когенерационных установок, которые позволяют повысить КПД когенерационных установок JENBAHER шестого модельного ряда в среднем на 2,5%.

Ключевые слова: пинч-анализ, тепловой поток, теплообмен, термохимический конвертор, структурная оптимизация, когенерационная установка

SYNTHESIS AND DESIGN OF HEAT EXCHANGER NETWORKS OF POWER-TRANSFERING TECHNICAL SYSTEMS

D.S. Agapov

*St. Petersburg State Agrarian University (SPbGAU),
196605, St. Petersburg, Pushkin, Petersburg Highway, 2*

Examples of application of pinch-technology for solving problems of structural optimization of technical systems are considered. In particular, it is proposed to use the processes of thermochemical conversion of fuels to ensure the possibility of heat integration in the internal combustion engine. In the article, technical solutions for the utilization of low-grade heat of the intercooler of the second stage by the modification of the design of the utilization module of cogeneration units are presented, which allow increasing the efficiency of the JENBAHER cogeneration plants of the sixth model range by 2.5% on average.

Keywords: pinch analysis, heat flow, heat exchange, thermochemical converter, structural optimization, cogeneration unit

Совершенствование конструкции тепловых двигателей на основе пинч-технологии с учётом особенностей функционирования

Применение пинч-анализа для структурной оптимизации такой небольшой системы как тепловой двигатель весьма затруднительно, в силу малого количества тепловых потоков и сложности организации теплообмена между потоками [1]. Однако технически это возможно и в случае удачного применения позволяет получить эффективные технические решения по совершенствованию конструкции, как двигателя, так и системы, внутри которой он функционирует. Вначале необходимо произвести экстракцию данных о тепловых потоках технической системы – то есть двигателя. Рассмотрим общий случай функционирования транспортного ДВС, установленного на автомобиле ВАЗ-21112. К холодным потокам в данном случае будут относиться следующие позиции: основной подвод теплоты к рабочему телу в цилиндре и подвод теплоты к воздуху салона для отопления. Это холодные потоки, требующие нагрева. Следующий поток может быть, как

горячим, так и холодным. Так в случае бензинового ДВС осуществляется предварительный подогрев свежего заряда, и этот поток будет холодным.

Для турбированного дизеля в интеркулере осуществляется промежуточное охлаждение воздушного заряда и тогда этот поток будет горячим. Остальные потоки: отвод теплоты в атмосферу от охлаждающей жидкости двигателя, смазки, отработавших газов и нагретых деталей являются горячими. В частных случаях отдельные позиции могут отсутствовать или менять знак на противоположный. Так теплоту, рассеиваемую нагретыми деталями, собрать и использовать весьма затруднительно, следовательно, её можно не включать в список потоков для анализа [1].

В качестве примера рассмотрим бензиновый ДВС, установленный на автомобиле ВАЗ-21112. Данные о тепловых потоках (таблица 1), снятых непосредственно с рассматриваемой системы (т.е. автомобиля) в процессе его работы в течение 1 часа на участке пути 70 км, представлены в работе [1].

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

Температура в цилиндре в начале и конце сгорания определялась из индикаторной диаграммы аналогичного двигателя (рис. 1), установленного на стенде, а подводимая при этом теплота находилась из низшей теплотворной способности топлива, с учётом неполноты сгорания определяемой по окиси углерода с помощью газоанализатора. Теплота подогрева воздуха на впуске рассчитывалась исходя из данных о расходе воздуха определённого расходомером и температурах на впуске и окружающей среды фиксируемых с помощью термомпар. Аналогичным образом определялись теплоты в других системах – как произведение расхода на теплоёмкость и разность температур.

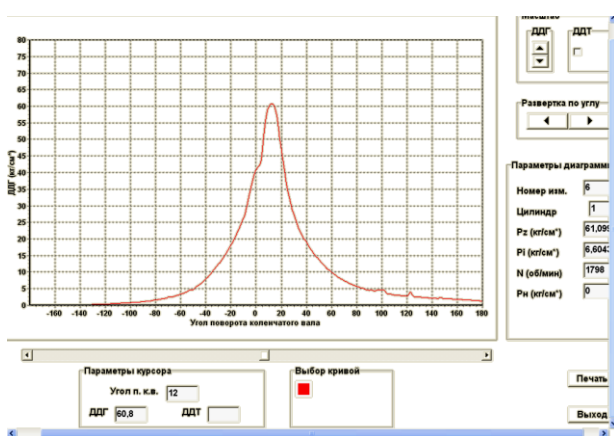


Рисунок 1 – Снятие индикаторной диаграммы

Таблица 1 – Данные о тепловых потоках автомобиля ВАЗ-21112

№ потока	Название потока	Температура на входе	Температура на выходе	Тепловой поток кВт
		°С		
1	Основной подвод теплоты	605	2521	157,014
2	Подогрев впускного воздуха	253	293	2,24
3	Отопление салона	253	293	1,43
4	Охлаждение двигателя	378	371	25,71
5	Охлаждение отработавших газов	721	20	51,36

Чтобы выяснить, каким образом возможна такая экономия, производим расчёт с помощью программы «Пинч анализ и теплообменная сеть». Результаты расчёта сведены в таблицу 3, которая графически представлена на рисунке 3.

Из рисунка 3 и таблицы 3 видно, что охлаждение двигателя через систему охлаждения осуществляется за счёт внешних утилит, следовательно, система охлаждения в процессе модернизации не должна претерпевать никаких конструктивных изменений.

Температура в цилиндре в начале и конце сгорания определялась из индикаторной диаграммы аналогичного двигателя (рис. 1), установленного на стенде, а подводимая при этом теплота находилась из низшей теплотворной способности топлива, с учётом неполноты сгорания определяемой по окиси углерода с помощью газоанализатора. Теплота подогрева воздуха на впуске рассчитывалась исходя из данных о расходе воздуха определённого расходомером и температурах на впуске и окружающей среды фиксируемых с помощью термомпар. Аналогичным образом определялись теплоты в других системах – как произведение расхода на теплоёмкость и разность температур.

Принимая $\Delta T_{\text{пинч}} = 10^\circ\text{C}$, строим композитные кривые, из которых видно, что регенерация возможна, но в весьма узком диапазоне температур и незначительного количества теплоты (рис. 2).

Результаты расчётов с помощью программа «Пинч анализ и теплообменная сеть» приведены в таблице 2. Из неё следует, что имеется возможность регенерировать 7,77 кВт выше пинча и 3,67 кВт ниже пинча, а значит экономить при таком режиме работы технической системы около 11,4 кВт теплоты, что составляет примерно 7% от общего расхода топлива.

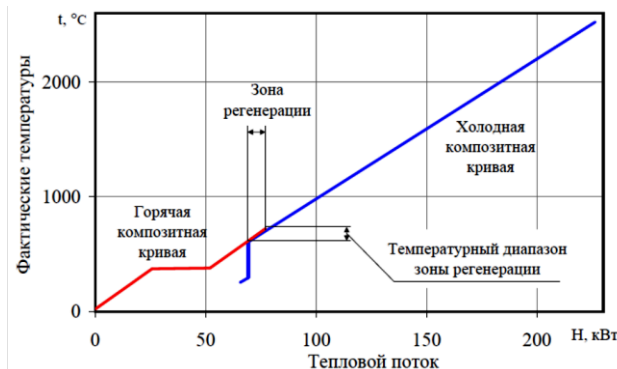


Рисунок 2 – Композитные кривые тепловых потоков

Такое решение даёт чисто автоматическое проектирование, когда проектировщик исключён из создания теплообменной сети и не имеет возможность учитывать экспертные рекомендации.

В данном случае в качестве таких экспертных рекомендаций выступает то обстоятельство, что теплоту отработавших газов нежелательно использовать для отопления салона автомобиля. Однако если вести процесс проектирования в полуавтоматическом режиме, то появляется принципиальная возможность учитывать экспертные рекомендации. При этом будет создана теплообменная сеть другой архитектуры, но все параметры оптимального решения останутся те же, другими словами, таблица 2 не изменится, а таблица 3 и рисунок 3 трансформируются соответственно в таблицу 4 и рисунок 4.

Таблица 2 – Результаты пинч-анализа

Показатель	Значение
Горячий пинч, °С	342
Холодный пинч, °С	332
Минимальные горячие утилиты, кВт	149,25
Минимальные холодные утилиты, кВт	65,63
Общая мощность горячих потоков, кВт	77,07
Общая мощность холодных потоков, кВт	160,684
Степень интеграции	0,46
Мощность теплоты интеграции выше пинча, кВт	7,77
Мощность теплоты интеграции ниже пинча, кВт	3,67
Общая мощность теплоты интеграции, кВт	11,44

Таблица 3. Интеграция тепловых потоков

Температура на входе горячей стороны, °С	Температура на выходе горячей стороны, °С	Название горячего потока	Тепловой поток, кВт	Название холодного потока	Температура на входе холодной стороны, °С	Температура на выходе холодной стороны, °С
Выше пинча						
721	615	Охлаждение отработавших газов	7,77	Основной подвод теплоты	605	699,77
Горячие утилиты			149,25	Основной подвод теплоты	699,77	2521
Ниже пинча						
615	584,43	Охлаждение отработавших газов	2,24	Подогрев впускного воздуха	253	293
584,43	564,91	Охлаждение отработавших газов	1,43	Отопление салона	253	293
564,91	20	Охлаждение отработавших газов	39,92	Холодные утилиты		
378	371	Охлаждение двигателя	25,71	Холодные утилиты		

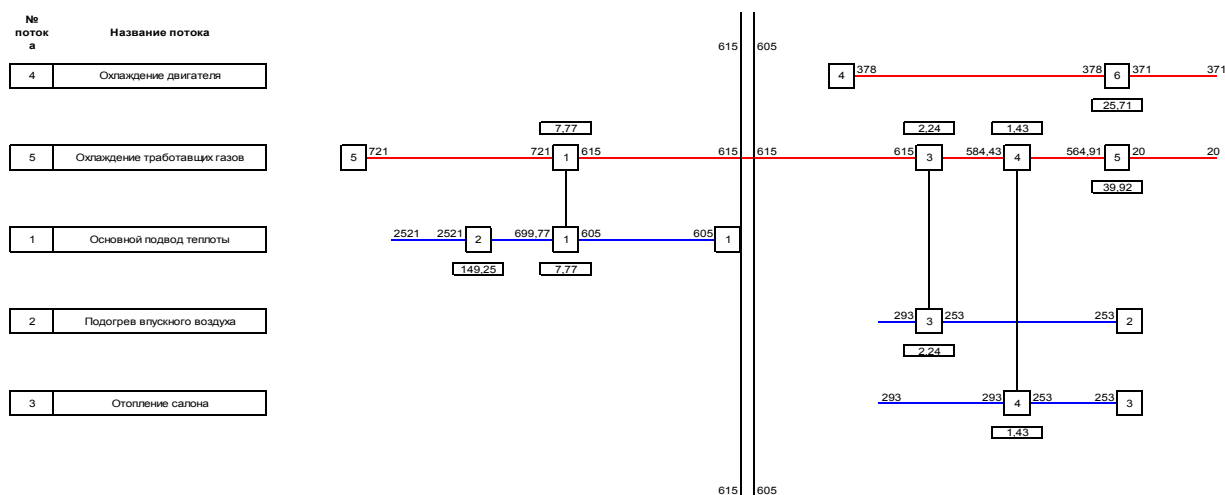


Рисунок 3 – Схема теплообменной сети

Вариант, представленный в таблице 4 и на рисунке 4, более приемлем для практической реализации.

Предлагаем рекомендуемые конструктивные изменения.

1. Теплота охлаждающей жидкости двигателя последовательно расходуется на подогрев воздушного заряда и отопление салона. Если бы эта нагрузка была не временной, а постоянной, то появилась бы возможность уменьшить массогабаритные показатели радиатора.

2. Теплота обработавших газов должна подводится к рабочему телу в конце процесса сжатия в цилиндре двигателя, что представляется весьма затруднительным и практически невозможным. Однако в качестве агента теплоты может выступать само топливо, которое подаётся в камеру сгорания. Речь идёт о термохимической конверсии топлив, в частности оксигенатных [2 – 4].

Таблица 4 – Интеграция тепловых потоков

Температура на входе горячей стороны, °С	Температура на выходе горячей стороны, °С	Название горячего потока	Тепловой поток, кВт	Название холодного потока	Температура на входе холодной стороны, °С	Температура на выходе холодной стороны, °С
Выше пинча						
721	615	Охлаждение обработавших газов	7,77	Основной подвод теплоты	605	699,77
Горячие утилиты			149,25	Основной подвод теплоты	699,77	2521
Ниже пинча						
378	377,39	Охлаждение двигателя	2,24	Подогрев впускного воздуха	253	293
377,39	377,00	Охлаждение двигателя	1,43	Отопление салона	253	293
615	20	Охлаждение обработавших газов	43,59	Холодные утилиты		
377,00	371	Охлаждение двигателя	22,04	Холодные утилиты		

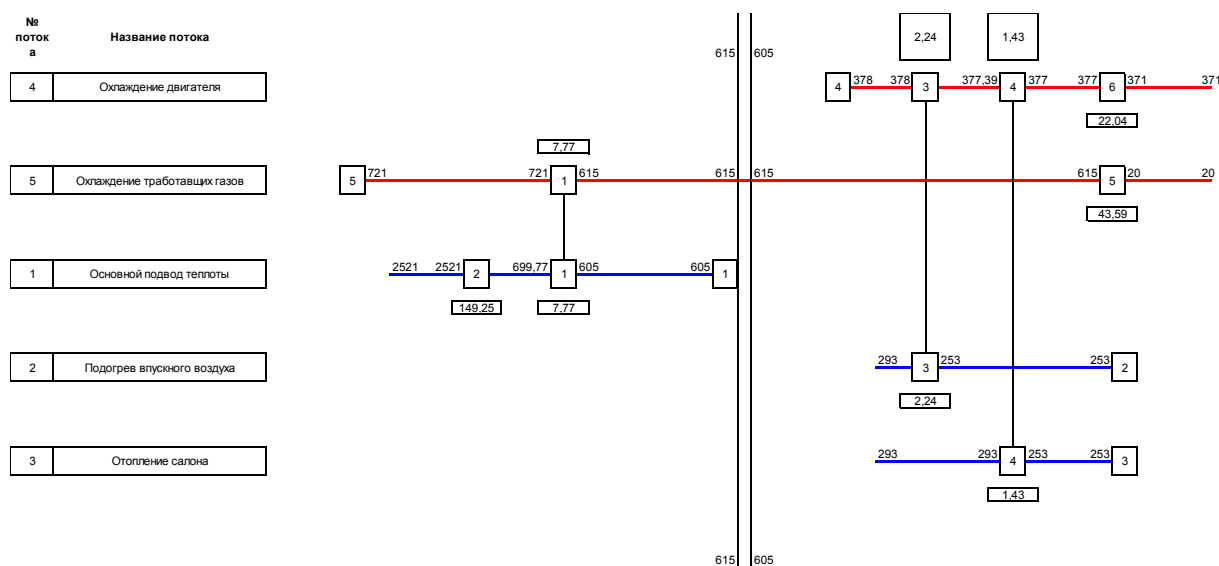


Рисунок 4 – Схем теплообменной сети

Схема термохимического конвертора представлена на рисунке 5. Он конструктивно

интегрируется в систему питания автомобиля так, как показано на рисунке 6.

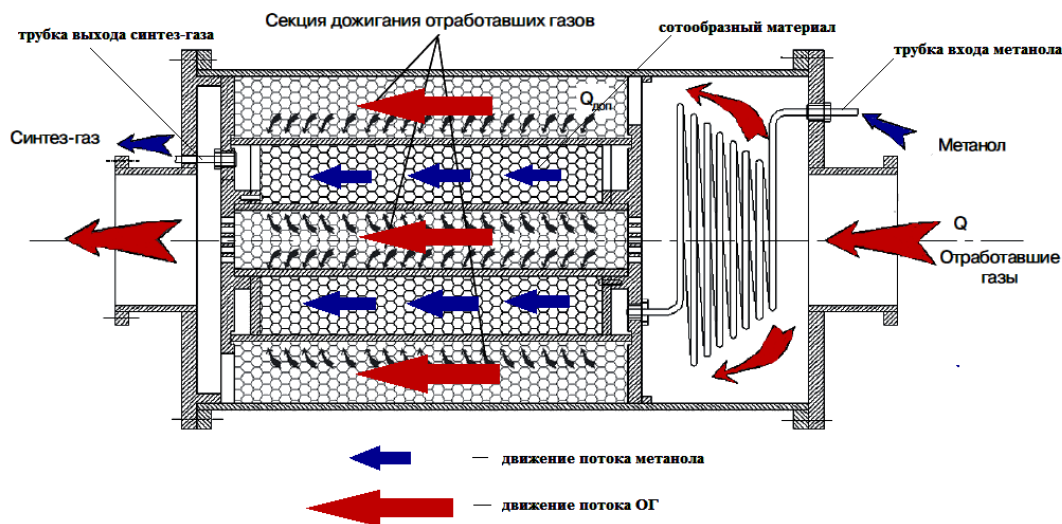


Рисунок 5 – Термохимический конвертор

В этом случае сначала в топливе протекают эндотермические реакции, и тепловая энергия запасается в продуктах реакции, а затем при сгорании протекают обратные (экзо-

термические) реакции и запасенная энергия вновь выделяется в виде теплоты.

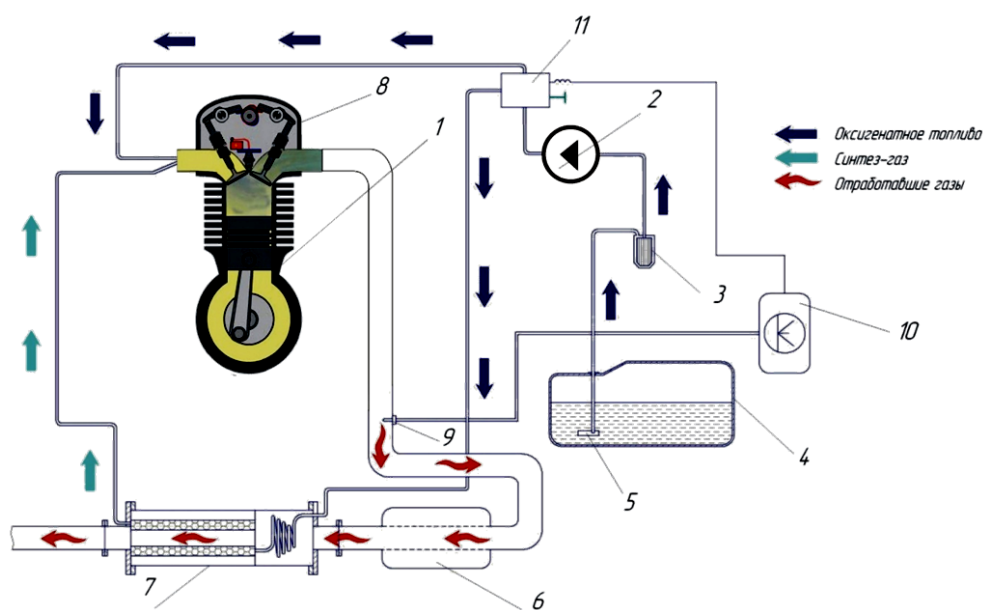


Рисунок 6 – Система питания ДВС с термохимическим конвертором:

1 – ДВС; 2 – топливный насос; 3 – топливный фильтр тонкой очистки; 4 – топливный бак; 5 – топливозаборник; 6 – катализатор; 7 – термохимический конвертор; 8 – дозирующее устройство; 9 – датчик температуры ОГ; 10 – ЭБУ; 11 – электроклапан

При этом температура конверсии топлива должна быть ниже температуры отработавших газов. Такими топливами являются низшие спирты и простые эфиры. Из применяемых на сегодняшний день топлив таковыми являются метан, пропан, бутан, октан, метанол, этанол и диметилэфир. Наиболее перспективным является метанол (метилловый спирт), так как уже применяется в качестве заменителя традиционных моторных топлив нефтяного

происхождения, а также имеет невысокую температуру конверсии, (таблица 5) [5 – 7].

Теплота сгорания жидкого метанола 19670 кДж/кг. Теплота сгорания газообразных продуктов конверсии метанола 23870 кДж/кг [5, 7]. То есть при сгорании продуктов конверсии метанола выделится дополнительно 4200 кДж/кг теплоты. Примерно 21% от энергии возвращается в рабочий цикл ДВС.

Таблица 5 – Температура конверсии топлив

Наименование	Температура конверсии, °С
Метан	1000
Пропан	700
Бутан	700
Октан	>1000
Метанол	570
Этанол	600
Диметилэфир	533

На основе пинч-технологии решена задача структурной оптимизации технической системы, в качестве которой выступал автомобиль ВАЗ-21112. При этом для обеспечения возможности интеграции теплоты предлагается использовать процессы термохимической конверсии топлив. Полученные выводы и конструктивные предложения будут справедливы, если в качестве технической системы рассматривать не автомобиль ВАЗ-21112, а только его двигатель.

Улучшение теплообменной сети утилизационного модуля когенерационных установок

Термодинамическое совершенствование любых объектов, в том числе и когенерационных установок, является весьма актуальной задачей современной инженерии. От того, насколько она удачно решена, зависят не только основные показатели, характеризующие потребительские свойства объекта (производительность, экологичность, масса, габариты и т.п.), но и способность установки интегрироваться в различные сложные технологические процессы, оптимальные режимы и сроки её эксплуатации, а также финансовые показатели от использования установки.

Широкое распространение на отечественном и зарубежном рынке нашли когенерационные установки фирмы «GE JENBACHER GmbH & Co OG» шестого модельного ряда, типа JMS 612 GS-B.L, JMS 616 GS-B.L и JMS 620 GS-B.L [приложение Г]. Газовые (газопоршневые) электростанции GE Jenbacher J612 производства GE Energy Jenbacher (Австрия) предназначены для производства 3-хфазного электрического тока частотой 50 Гц, теплоты, холода, CO₂. Они используются для обеспечения основного и резервного электроснабжения потребителей. В качестве топлива применяются: природный газ, попутный газ, пропан, биогаз, газ мусорных свалок, газ сточных вод, а

также особые газы, такие как шахтный газ, коксовый газ, древесный газ, пиролизный газ.

Установки J612 и J616 используются на ОАО «Узинский сахарный комбинат», (м. Узин, Киевская область, Украина) с июня 2002 г., при этом два модуля Jenbacher работают параллельно с сетью. Производимая теплота используется для технологических нужд комбината и для отопления близлежащего жилого квартала. Электрическая энергия покрывает все потребности завода, а при избытке экспортируется через электрические сети на другие предприятия области.

Установка JMS 620 используется на предприятии «Угольная шахта им. А.Ф.Засядько», (г. Донецк, Украина). Работает на метановоздушной смеси, извлекаемой из действующей угольной шахты, на предприятии ПАО ШУ «Покровское», (Донецкая область) с 2011 г. для утилизации шахтного метана, а также на заводе «Кока-Кола» Киевской области. Работая на природном газе с 2011 г. полностью покрывает потребность завода Кока-Кола в электроэнергии, а тепло используется в производственном процессе. Этому предприятию также необходим и пищевой углекислый газ (CO₂), который без дополнительных затрат получают с этих когенерационных установок. Поэтому в качестве объекта структурной оптимизации выступают именно установки данного модельного ряда.

Частные случаи применения когенерационных установок способствуют появлению дополнительных возможностей для термодинамического совершенствования как самой когенерационной установки, так и системы, в которую она интегрирована в целом.

С помощью усовершенствованной нами пинч технологии и разработанной программы «Пинч анализ и теплообменная сеть» произведём интеграцию тепловых процессов в когенерационных установках JENBACHER шестого модельного ряда, типа JMS 612 GS-B.L, JMS 616 GS-B.L и JMS 620 GS-B.L, с усовершенствованием маршрутизации тепловых потоков в их утилизационных модулях. По конструкции они представляют собой четырехтактный газовый двигатель с искровым зажиганием и турбонаддувом, работающий на газо-воздушной смеси различных газов; электрогенератор и теплообменники для утилизации теплоты. Усовершенствования методика подробно изложена в наших публикациях [8 – 14].

Принципиальная схема когенерационной установки стандартного исполнения представлена на рисунке 7. Конструктивно схема выполнена так, что хладагент утилизационного модуля

(вода) разделяется на два примерно равных потока. Один из этих потоков проходит через масляно-водяной теплообменник 1 и забирает теплоту из системы смазки двигателя, после чего проходит через теплообменный аппарат 2 системы охлаждения, утилизируя теплоту водяной рубашки. В то же время другой параллельный поток хладагента утилизирует теплоту интеркулера 4 первой ступени наддува. Затем оба потока вновь сливаются в один и поступают в теплообменник 3, где воспринимают теплоту выхлопных газов.

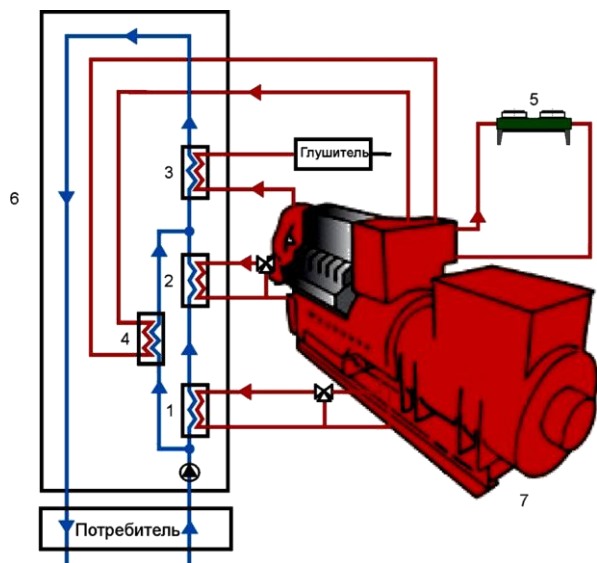


Рисунок 7 – Принципиальная схема когенерационной установки стандартного исполнения: 1 – теплообменный аппарат системы смазки; 2 – теплообменный аппарат системы охлаждения; 3 – теплообменный аппарат системы выпуска отработавших газов; 4 – теплообменный аппарат интеркулера первой ступени; 5 – теплообменный аппарат интеркулера второй ступени

Теплота интеркулера 5 второй ступени отводится в атмосферу с помощью вентилятора, так как достаточно трудно интегрировать в тепловую схему утилизационного модуля теплоту второго интеркулера, поскольку интеркулер второй ступени наддува, во-первых, представляет собой источник низкопотенциальной теплоты, а во-вторых, трудно выдержать необходимые условия теплообмена (разность температур между сжатым газом и хладагентом модуля). Нарушение этих условий на некоторых режимах

работы установки может привести не только к снижению теплового потока от сжатого газа к хладагенту, но и вообще развернуть тепловой поток, и тогда сам хладагент будет подогревать газ, что будет хуже, чем даже полное отсутствие интеркулера второй ступени наддува.

Температурный режим системы утилизации теплоты может быть различным и определяется условиями потребителя, а также некоторыми технологическими ограничениями. В связи с этим существует несколько вариантов температурных режимов системы утилизации. А именно, установка может выдавать тепловую энергию либо с паром, либо с горячей водой, температурные параметры которой 90/70°C или 110/70°C. В последнем случае вырабатываемая вода с температурой 110°C используется абсорбционными холодильными машинами для производства холода (лед-вода). При снижении потребления горячей воды абсорбционными холодильными машинами или другими потребителями излишняя теплота утилизируется системой аварийного охлаждения сетевой воды, которая обеспечивает нормальную работу агрегатов даже при полном отсутствии присоединенной нагрузки теплоснабжения.

При работе на биогазе и других неприродных газах с содержанием серы, во избежание образования серной кислоты в выхлопном тракте не рекомендуется охлаждение выхлопных газов ниже 180°C.

При работе на природном газе стандартный температурный режим 90/70°C, при этом охлаждение выхлопных газов происходит до температуры 120°C. В этом случае низкопотенциальная теплота контура охлаждения интеркулера второй ступени с температурой 40/45°C считается бесполезной и не учитывается в тепловом балансе.

Пренебрегаемая составляющая теплового баланса имеет долю около 5% от общего количества утилизируемой теплоты, однако для энергоёмких установок шестого модельного ряда в абсолютных единицах эта величина варьируется от 92 до 188 кВт.

Схема утилизации теплоты, используемая на данных установках, представлена на рисунке 8.

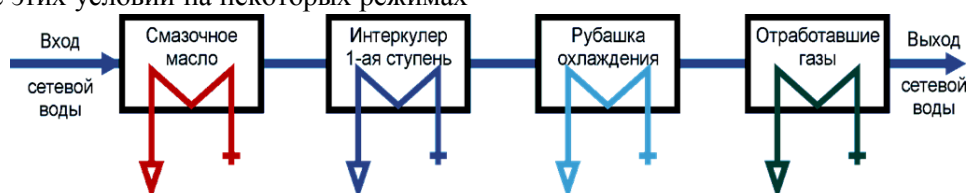


Рисунок 8 – Существующая схема утилизации теплоты

Из рисунка 8 видно, что хладагент модуля (сетевая вода) сначала проходит масляно-водяной теплообменник, забирая теплоту из системы смазки двигателя, затем через интеркулер первой ступени наддува, после чего забирает теплоту из рубашки охлаждения двигателя и наконец в теплообменнике выхлопных газов воспринимает теплоту последних.

В теплообменнике второй ступени наддува отбирается теплота и отводится в атмосферу посредством вентиляторного охладителя. Такое решение не случайно, так как теплоту второго интеркулера достаточно трудно интегрировать в тепловую схему утилизационного модуля. Дело в том, что интеркулер второй ступени наддува, во-первых, представляет собой источник низкопотенциальной теплоты, а во-вторых, трудно выдержать необходимые условия теплообмена (разность температур между сжатым газом и хладагентом модуля). Нарушение этих условий на некоторых режимах работы установки может привести не только к снижению теплового потока от сжатого газа к хладагенту, но и вообще развернуть тепловой поток, и тогда сам хладагент будет подогревать газ, что будет хуже, чем даже полное отсутствие интеркулера второй ступени наддува.

Теплота интеркулера второй ступени составляет примерно 2,5% общего теплового баланса. Кроме того, далее нами будет показано, что интеграция этой составляющей в тепловую схему утилизации возможна.

Для разработки схемы с использованием теплоты интеркулера второй ступени наддува воспользуемся нашей методикой проектирования теплообменных сетей с использованием разработанных нами алгоритмов определения тепловых нагрузок. Основой для расчётов являются составляющие теплового баланса. Особенностью его для тепловых двигателей

является то, что теплота отработавших газов считается, горячим потоком с конечной температурой 120°C. Эта температура обусловлена близостью с точкой росы паров серной кислоты.

В таблице 6 представлен тепловой баланс когенерационной установки JMS-612 GS-N, при стандартном исполнении тепловых контуров двигателей 6-го модельного ряда (90/70°C).

Таблица 6 – Тепловой баланс когенерационной установки JMS-612 GS-N.L

Параметр	Значение	Ед. изм.
Подводимая энергия топлива	4 200	кВт
Полезная утилизируемая тепловая мощность	1 792	кВт
в т.ч. 1-ая ступень интеркулера	347	кВт
в т.ч. смазочное масло	183	кВт
в т.ч. рубашка охлаждения	290	кВт
в т.ч. выхлопной газ, охлажденный до 120°C	972	кВт
Отводимое тепло для рассеивания, в т.ч.:		
поверхностное излучение тепла	157	кВт
остаточное тепло	42	кВт
вторая ступень интеркулера (40/44°C)	92	кВт

Существующая схема высокотемпературного контура когенерационной установки JMS-612 GS-N.L представлена на рисунке 9.

Также для расчёта теплоемкостей потоков теплоты и потоковых энтальпий в таблице 7 приведены параметры рабочих тел установки.

Существующая схема низкотемпературного контура когенерационной установки JMS-612 GS-N.L представлена на рисунке 10.

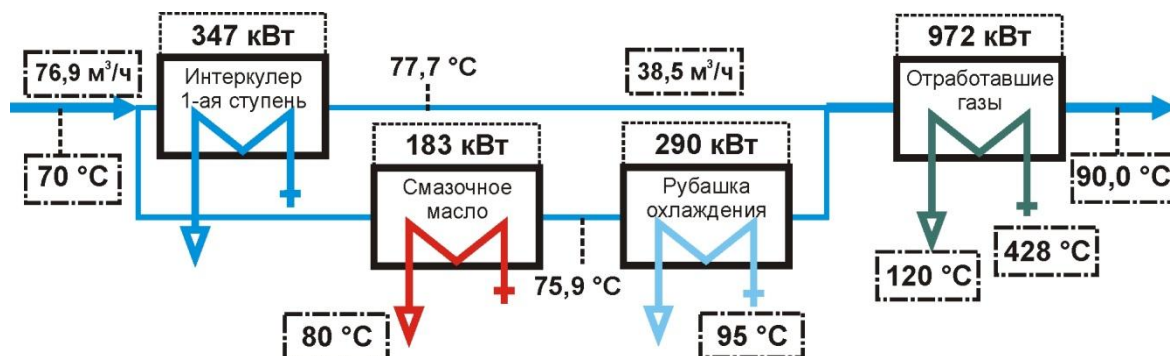


Рисунок 9 – Существующая схема высокотемпературного контура когенерационной установки JMS-612 GS-N.L

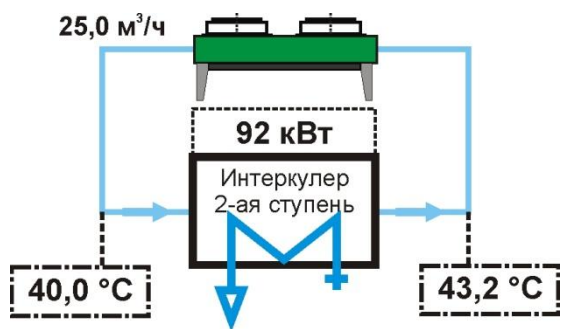


Рисунок 10 – Существующая схема низкотемпературного контура когенерационной установки JMS-612 GS-N.L

Собираем данные о тепловых потоках имеющих место в когенерационной установке, а именно: значение самого потока (кВт), его потоковую теплоёмкость (кВт/К), а также начальную и конечную температуры рабочих тел в данном потоке (К). После этого нужно уравновесить тепловой баланс установки тепловой нагрузкой хладагента утилизационного модуля так, чтобы сумма энтальпий всех потоков равнялась нулю. Результаты выполненных операций приведены в таблице 8. Из таблицы 8 следует, что все потоки горячие, и все они уравновешиваются одним холодным потоком.

Таблица 8 – Данные о потоках когенерационной установки

№ потока	Название потока	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$N, \text{кВт}$	$m \cdot c_p, \text{кВт/К}$	Тип потока
1	Отработавшие газы	428	120	-972	3,16	Горячий
2	Первый интеркулер	300	174,8	-347	2,77	Горячий
3	Система смазки	120	80	-183	4,58	Горячий
4	Система охлаждения	95	90	-290	58	Горячий
5	Второй интеркулер	233,2	200	-92	2,77	Горячий
6	Хладагент модуля	70	90	1884	94,2	Холодный

Определяем локализацию пинча принимая его значение $\Delta T=10^\circ$. Композитные кривые потоков представлены на рисунке 11. Из рисунка 11 видно, что данная задача является пороговой. Все потоки расположены с одной стороны пинча, а именно выше его.

Изображаем сеточную диаграмму для потоков, которая представлена на рисунке 12.

Методом эвристической отметки путём максимизации нагрузки на каждый теплообменный аппарат проектируем сеть. Окончательный вариант проекта теплообменной сети представлен на рисунке 13.

Таблица 7 – Параметры выхлопного газа и воздуха для горения

Параметр	Значение	Ед. изм.
Температура выхлопного газа при полной нагрузке	428	$^\circ\text{C}$
Выделение тепла при охлаждении выхлопных газов до 180°C	788	кВт
Выделение тепла при охлаждении выхлопных газов до 120°C	972	кВт
Выделение тепла при охлаждении выхлопных газов до 100°C	1 033	кВт
Массовый расход выхлопного газа, влажного	10230	кг/ч
Массовый расход выхлопного газа, сухого	9 552	кг/ч
Объемный расход выхлопного газа, влажного	8 071	$\text{м}^3/\text{ч}$
Объемный расход выхлопного газа, сухого	7 256	$\text{м}^3/\text{ч}$
Максимально допустимое противодавление выпускного тракта	60	мбар
Массовый расход воздуха для горения	9 928	кг/ч
Объемный расход воздуха для горения	7 680	$\text{м}^3/\text{ч}$

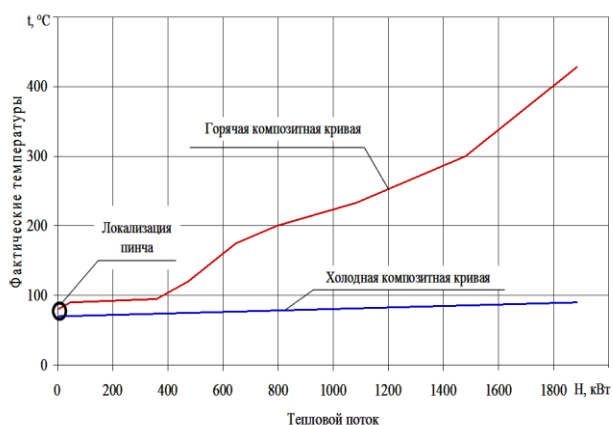


Рисунок 11 – Композитные кривые потоков

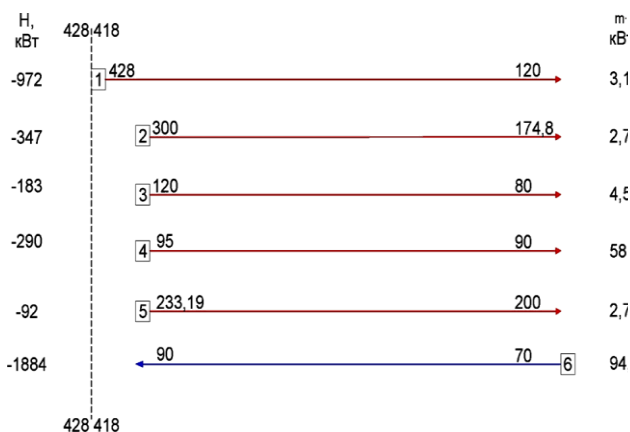


Рисунок 12 – Сеточная диаграмма потоков

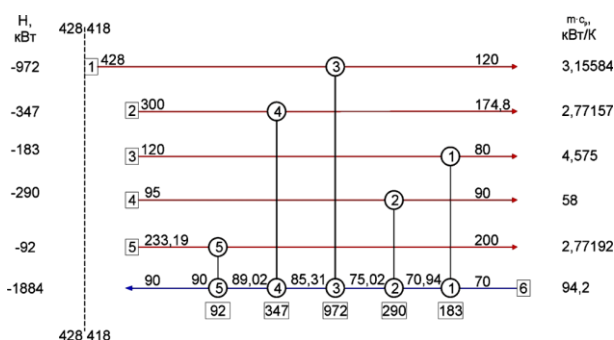


Рисунок 13 – Проект теплообменной сети

Таким образом, схема вновь спроектированного утилизационного модуля когенерационной установки JMS-612 GS-N.L представлена на рисунке 14.

Замена штатной схемы утилизационного модуля когенерационной установки JMS-612 GS-N.L предлагаемой позволит использовать низкопотенциальную теплоту и повысить КПД установки на 2,2 %, при этом экономия в абсолютных единицах, составит 92 кВт тепловой энергии.

Проведя аналогичные расчёты для других установок JENBAHER шестого модельного ряда, разработаем для них новые схемы утилизационных модулей. Данные о составляющих теплового баланса, а также существующие и предложенные схемы представлены ниже.

Рассмотрим аналогичную установку JMS-616 GS-N.L., данные, о тепловых потоках которой представлены в таблицах 4.10 и 4.11.

Существующая схема высокотемпературного контура когенерационной установки JMS-616 GS-N.L. представлена на рисунке 15.

Схема вновь спроектированного утилизационного модуля когенерационной установки JMS-616 GS-N.L представлена на рисунке 17.

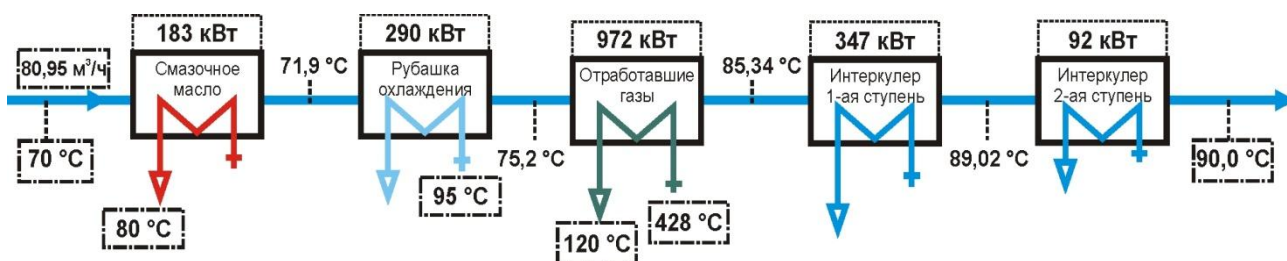


Рисунок 4.14 – Предлагаемая схема утилизационного модуля когенерационной установки JMS-612 GS-N.L.

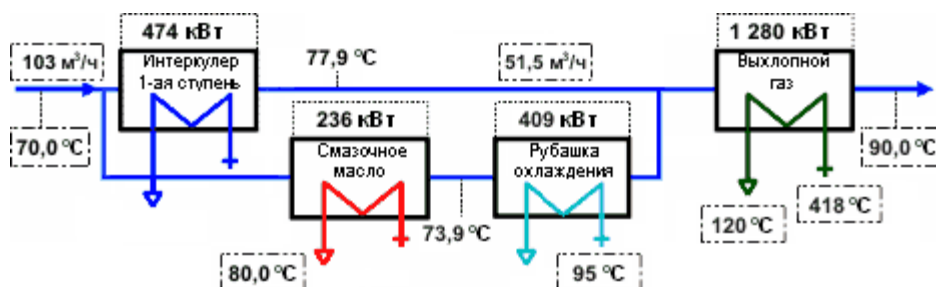


Рисунок 15 – Существующая схема высокотемпературного контура когенерационной установки JMS-616 GS-N.L

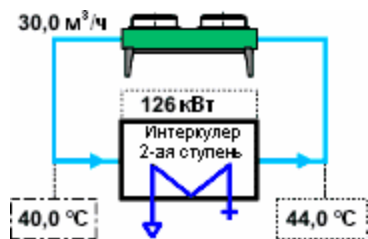


Рисунок 16 – Существующая схема низкотемпературного контура когенерационной установки JMS-616 GS-N.L

Таблица 9 – Тепловой баланс когенерационной установки JMS-616 GS-N.L

Параметр	Значение	Ед. изм.
Подводимая энергия топлива	5 606	кВт
Полезная утилизируемая тепловая мощность (график 90/70°C)	2 399	кВт
в т.ч. 1-ая ступень интеркулера	474	кВт
в т.ч. смазочное масло	236	кВт
в т.ч. рубашка охлаждения	409	кВт
в т.ч. выхлопной газ, охлажденный до 120°C	1280	кВт
Отводимое тепло для рассеивания, в т.ч.:		
поверхностное излучение тепла	204	кВт
остаточное тепло	56	кВт
вторая ступень интеркулера (40/44°C)	126	кВт

Замена штатной схемы утилизационного модуля когенерационной установки JMS-616 GS-N.L предлагаемой позволяет использовать низкопотенциальную теплоту и повысить КПД установки на 2,3 %, при этом экономя в абсолютных единицах, составит 126 кВт тепловой энергии.

Исполнение теплового утилизационного модуля может выполняться и под другие температурные диапазоны работы хладагента, например 70/110°C и 60/80 °С. Примеры таких

исполнений для установки JMS-620 GS-N.L. представлены на рисунках 18 и 19.

Таблица 10 – Параметры выхлопного газа и воздуха для горения

Параметр	Значение	Ед. изм.
Температура выхлопного газа при полной нагрузке	418	°С
Выделение тепла при охлаждении выхлопных газов до 180°C	1 029	кВт
Выделение тепла при охлаждении выхлопных газов до 120°C	1 280	кВт
Выделение тепла при охлаждении выхлопных газов до 100°C	1 363	кВт
Массовый расход выхлопного газа, влажного	13 950	кг/ч
Массовый расход выхлопного газа, сухого	13 045	кг/ч
Объемный расход выхлопного газа, влажного	11 001	м³/ч
Объемный расход выхлопного газа, сухого	9 913	м³/ч
Максимально допустимое противодавление выхлопного тракта	60	мбар
Массовый расход воздуха для горения	13 547	кг/ч
Объемный расход воздуха для горения	10 480	м³/ч

Режим 70/110 применяется при работе установки в связке с абсорбционными холодильными машинами. При утилизации тепловой энергии на нужды отопления и горячего водоснабжения, целесообразен переход на температурный график 60/80°C, что существенно повышает тепловой КПД электростанции.

Однако в большинстве случаев установка JMS-620 GS-N.L. поставляется со схемой высокотемпературного контура рассчитанной на режим 70/90 °С, которая представлена на рисунке 20.



Рисунок 17 – Предлагаемая схема утилизационного модуля когенерационной установки JMS-616 GS-N.L

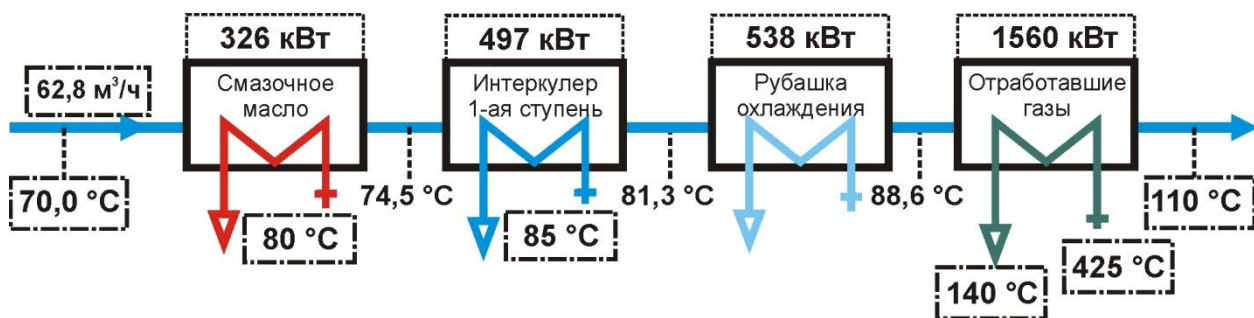


Рисунок 18 – Пример исполнения теплового контура модуля JMS-620 с режимом 70/110 (Σ 2921 кВт)

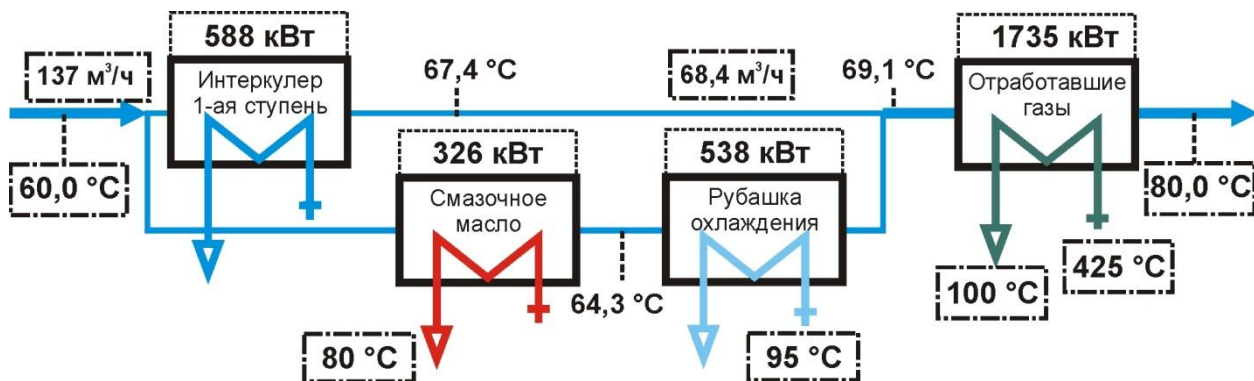


Рисунок 19 – Пример исполнения теплового контура модуля JMS-620 с режимом 60/80 (Σ 3187 кВт)

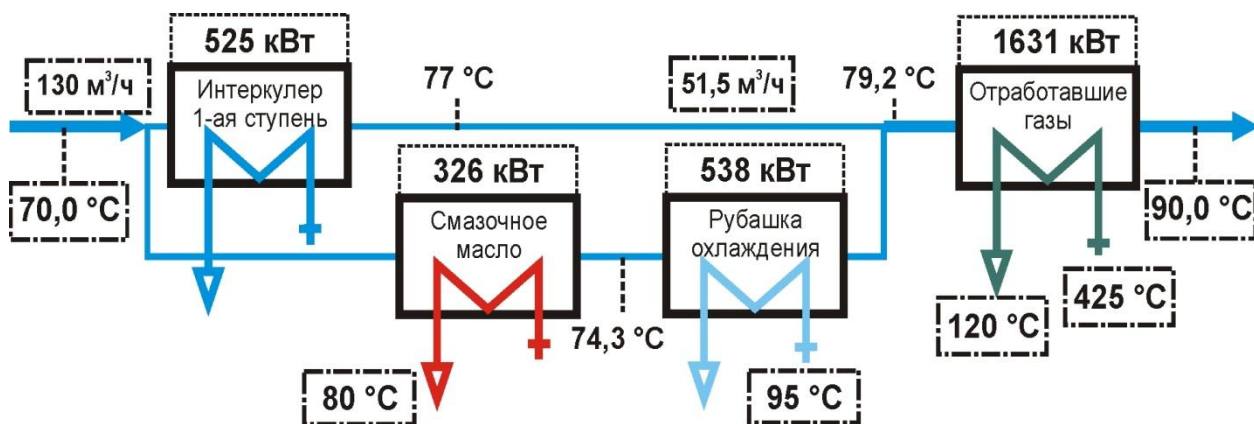


Рисунок 20 – Существующая схема высокотемпературного контура когенерационной установки JMS-620 GS-N.L.

Рассмотрим аналогичную установку JMS-620 GS-N.L., данные, о тепловых потоках которой представлены в таблицах 11 и 12.

Схема вновь спроектированного утилизационного модуля когенерационной установки JMS-620 GS-N.L. представлена на рисунке 12.

В целом установка будет выглядеть так, как это показано на рисунке 13.

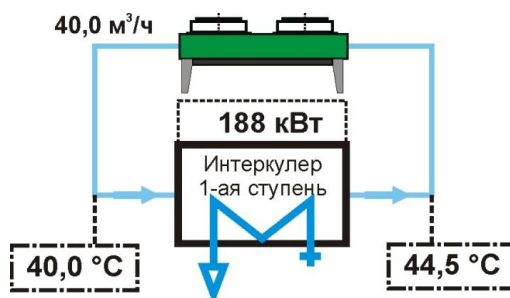


Рисунок 11 – Существующая схема низкотемпературного контура когенерационной установки JMS-620 GS-N.L.

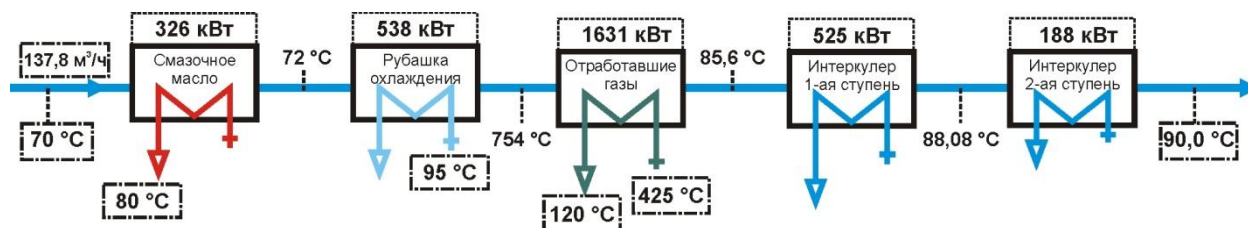


Рисунок 12 – Предлагаемая схема утилизационного модуля когенерационной установки JMS-620 GS-N.L

Таблица 11 – Тепловой баланс когенерационной установки JMS-620 GS-N.L

Параметр	Значение	Ед. изм.
Подводимая энергия топлива	7 076	кВт
Полезная утилизируемая тепловая мощность (график 90/70°C)	3 021	кВт
в т.ч. 1-ая ступень интеркулера	525	кВт
в т.ч. смазочное масло	326	кВт
в т.ч. рубашка охлаждения	538	кВт
в т.ч. выхлопной газ, охлажденный до 120°C	1 631	кВт
Отводимое тепло для рассеивания, в т.ч.:		
поверхностное излучение тепла	266	кВт
остаточное тепло	71	кВт
вторая ступень интеркулера (40/44°C)	188	кВт

Таблица 12 – Параметры выхлопного газа и воздуха для горения

Параметры выхлопного газа и воздуха для горения	Значение	Ед. изм.
Температура отработавших газов при полной нагрузке	425	°C
Выделение тепла при охлаждении выхлопных газов до 180°C	1 320	кВт
Выделение тепла при охлаждении выхлопных газов до 120°C	1 631	кВт
Выделение тепла при охлаждении выхлопных газов до 100°C	1 735	кВт
Массовый расход отработавших газов, влажных	17 325	кг/ч
Массовый расход отработавших газов, сухих	16 181	кг/ч
Объемный расход отработавших газов, влажных	13 666	м³/ч
Объемный расход отработавших газов, сухих	12 293	м³/ч
Максимально допустимое противодавление выпускного тракта	60	мбар
Массовый расход воздуха для горения	16 816	кг/ч
Объемный расход воздуха для горения	13 008	м³/ч

Замена штатной схемы утилизационного модуля когенерационной установки JMS-620 GS-N.L на предлагаемую позволяет использовать низкопотенциальную теплоту и повысить КПД установки на 2,7 %, при этом экономия в абсолютных единицах, составит 188 кВт тепловой энергии.

На этом первый этап термодинамического совершенства можно считать завершённым. Можно сделать выводы по сравнению базового (стандартного) варианта исполнения установки с тем вариантом, который был предложен в процессе выполнения первой части методики совершенствования.

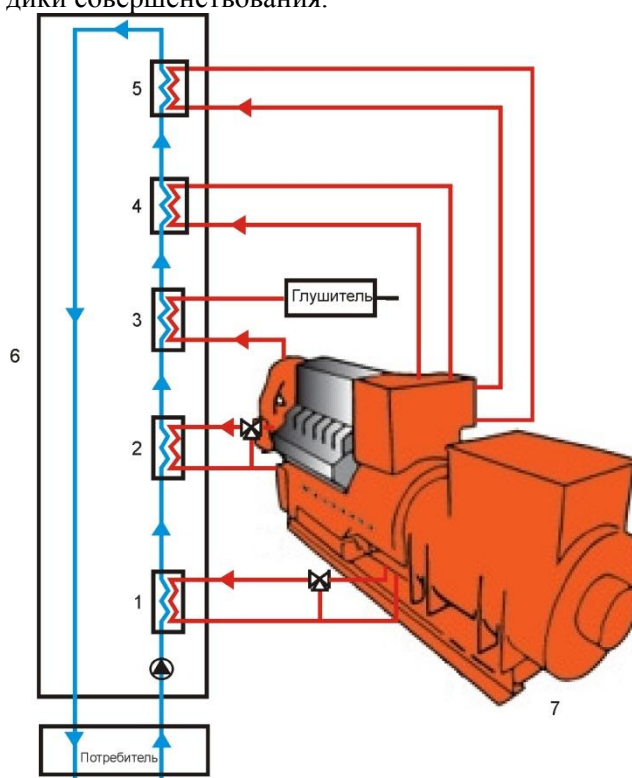


Рисунок 13 – Предлагаемая схема когенерационной установки

На основе усовершенствованной нами методики проектирования теплообменных сетей разработана новая тепловая схема утилизационного модуля газопоршневых когенерационных установок JENbacher с интеграцией

теплоты интеркулера второй ступени наддува, позволяющая использовать низкопотенциальную теплоту и повысить КПД установки от 2,2 до 2,7 %. При этом в абсолютных единицах эта величина составляет от 92 до 188 кВт.

Изложены технические решения по утилизации низкопотенциальной теплоты интеркулера второй ступени изменением конструкции утилизационного модуля когенерационных установок. Установлено повышение КПД когенерационных установок JENBACHER шестого модельного ряда в среднем на 2,5%.

Литература

1. Агапов Д. С. Применение пинч-анализа к структурной оптимизации автотранспортных средств / Д. С. Агапов // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2015. – Вып. 2. – С. 18–22. – ISSN 2409-7829.
2. Агапов Д.С. Проблемы и перспективы рационального использования теплоты на автотранспорте / Д. С. Агапов // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической "Альтернативные источники энергии: проблемы и перспективы рационального использования". Воронеж, 20-21 марта 2014. Т 1. – С. 26–30.
3. Агапов Д.С. К вопросу о применении спиртовых топлив в дизелях. / Д. С. Агапов, А.П. Картошкин, В.В. Беляков. // Сборник научных трудов научно-технической конференции по теме: «Улучшение эксплуатационных показателей автомобилей, тракторов и двигателей». – СПб.: Изд-во СПбГАУ. – 2007. – С. 78–81.
4. Агапов Д. С. О применении оксигенатных топлив в ДВС. / Д. С. Агапов // Материалы международной научно-технической конференции «Транспортные и транспортно-технологические системы»: – Тюмень : ТюмГНГУ. – 2015. – С. 15–18.
5. Фомин В.М., Каменев В.Ф., Хрипач Н.А. Повышение эффективности работы ДВС применением термохимической регенерации теплоты отработавших газов // Проблемы энергоаккумулирования и экологии в машиностроении: Сб.научн.тр.–М.: Изд. ИН-МАШ РАН. – 2003. – С. 156–170.
6. Носач В.Г. Методы повышения эффективности использования топлива в технологических процессах // Теплофизика и теплотехника. – 1977. – № 37. – С. 44–47.
7. Стеженский А.И. Паровая конверсия метанола. / А.И. Стеженский. – Киев: Наукова думка. – 1972. – 283 с.
8. Агапов Д.С. Комплексное термодинамическое совершенствование энергетических установок на основе пинч-анализа и эксергетического анализа. / Д. С. Агапов // Сборник научных трудов ХХХ отраслевой научно-технической конференции молодых специалистов "Морское подводное оружие. Морские подводные роботы - вопросы проектирования, конструирования и технологий. МПО-МС–2012. – С. 242–251.
9. Агапов Д.С. Термодинамическое совершенствование энергетических установок интеграцией тепловых процессов на основе эксергетического анализа. / Д. С. Агапов // Материалы второй всероссийской межотраслевой научно-технической конференции «Актуальные проблемы морской энергетики». – СПб.: Изд-во СПбГМТУ. 2013. – С. 254–255.
10. Агапов Д.С. Термодинамическое совершенствование утилизационного модуля когенерационной установки. / Д. С. Агапов // Известия Международной академии аграрного образования «Материалы международной научно-практической конференции «Технические системы, сервис и энергетика». – СПб.: Изд-во СПбГАУ. – 2013. – №15, Том 3. – С. 148–153.
11. Агапов Д.С. Улучшение теплообменной сети утилизационного модуля когенерационных установок JENBACHER. / Д. С. Агапов // Известия Международной академии аграрного образования «Материалы международной научно-практической конференции «Технические системы, сервис и энергетика». – СПб.: Изд-во СПбГАУ. – 2013. №16, Том 4. – С. 281–287.
12. Агапов Д.С. Методика термодинамического совершенствования когенерационной установки. / Д. С. Агапов // Известия СПбГАУ. – 2013. – №33. – С. 220–229.
13. Агапов Д. С. Термодинамическое совершенствование утилизационного модуля когенерационной установки JENBACHER / Д. С. Агапов // Сб. науч. тр. междунар. науч.- техн. конф. «Улучшение эксплуатационных показателей автомобилей, тракторов и двигателей». СПб.: Изд-во СПбГАУ. – 2015. – С. 124–131.
14. Агапов Д.С. Конструктивные мероприятия по совершенствованию утилизационных модулей энергетических установок. / Д. С. Агапов // Сборник научных трудов международной научно-технической конференции института технических систем, сервиса и энергетики по теме: «Улучшение эксплуатационных показателей автомобилей, тракторов и двигателей». – СПб.: Изд-во СПбПУ. – 2014. – С. 111–123.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Г.В.Лепеш¹, С.К.Лунева²

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

Разработаны конструктивные схемы теплообменных аппаратов, для целей применения в конструкциях систем нагрева и утилизации теплоты воздуха. На базе применения пакета SolidWorks/Flow Simulation рассмотрены возможности современных CAD/CAE- систем для исследования интенсивности конвективного теплообмена.

Ключевые слова: конвективный теплообмен, пограничный слой, модель турбулентности, CAD/CAE – технологии, турбулизация потока.

INCREASE OF EFFECTIVENESS OF HEAT EXCHANGING MACHINES

G.V. Lepesh, S.K. Luneva

*St. Petersburg State Economic University (SPbGEU)
191023, St. Petersburg, st.Sadovaya, 21*

The design schemes of heat exchangers are developed for the purposes of application in the design of heating systems and the utilization of the heat of the air. Based on the use of the SolidWorks / Flow Simulation package, the capabilities of modern CAD / CAE systems for investigating the intensity of convective heat transfer are considered.

Keywords: convective heat transfer, boundary layer, turbulence model, CAD / CAE – technologies, flow turbolization.

Введение

Государственная программа по энергосбережению и повышению эффективности промышленности, принятая в 2010г. правительством РФ предусматривает использование и внедрение энергосберегающих технологий и реализующих их конструкций энергопотребляющих установок и теплопередающих аппаратов. Это позволит снизить энергоемкость ВВП РФ. При условии непрерывно растущей потребности экономики в энергетических и материальных ресурсах энерго- и ресурсосбережение можно представить, как рациональное использование энергетических потоков и ресурсов на различных уровнях технологического производства. Одним из очевидных направлений в энергосбережении является повышение эффективности технологического оборудования путем совершенствования теплопотребляющих и теплопередающих аппаратов и устройств [1].

В данной статье исследуется возможность повышения эффективности теплообменных аппаратов различных конструкций, предназначенных для передачи теплоты от воздуха к теплоносущим поверхностям теплообменных аппаратов, или, наоборот, путем установки ин-

тенсифицирующих устройств, способствующих закручиванию потока воздуха. Интенсификация процессов теплообмена способствует повышению характеристик всего технологического процесса производства тепла в энергетических установках. Активные исследования в области интенсификации процессов теплоотдачи обусловлены значительным достигаемым эффектом. Однако количественная оценка эффекта в значительной мере затруднена тем, что моделирование процесса вынужденного конвективного переноса теплоты является одним из сложных в теории теплопереноса и связано с определением множества факторов, оказывающих влияние на процесс [2 – 3].

Конвективный теплообмен, т. е. процесс переноса теплоты, происходящий в движущихся текучих средах, обусловлен совместным действием двух механизмов переноса тепла – собственно конвективного переноса и теплопроводности. В большинстве случаев (при безотрывном обтекании) роль конвективного переноса весьма велика по сравнению с теплопроводностью. Теплопроводность влияет лишь на распределение температуры по сечению потока.

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

²Лунева Светлана Курусовна – доцент кафедры Машины и оборудование бытового и жилищно-коммунального назначения, СПбГЭУ, тел.: +7 911 915 1670, e-mail: isvetlana1508@mail.ru

Современные средства гидрогазодинамики

В настоящее время для решения задач процессов конвективного теплообмена, задач в области гидрогазодинамики и тепломассобменных процессов применяют специальные пакеты вычислительных программ. Среди них наиболее часто используются такие, как Comsol, MSC/Nastran, CFX, Fluent, Star-CD, LS-Dyna, Ansys, Abaqus, Flow Vision, MSC/Marc, Magmasoft, SolidWorks/Flow simulation и др. В этих программах используются различные методы дискретизации расчетных областей (построение сеток, выделение конечных объемов, конечных и граничных элементов [4] и др., которые позволяют производить дискретизацию расчетных областей и отслеживать движение частиц среды в пространстве и во времени с любой, наперед заданной, точностью. Эффективность этих методов подтверждается многими исследованиями [5–8].

В данной статье в качестве средства моделирования нами рассматривается прикладной программный пакет SolidWorks и в частности его модуль для моделирования течения жидкостей и газов – Flow Simulation. Flow Simulation – наиболее доступное программное обеспечение, полностью интегрированное в SolidWorks, предназначенное для расчёта движения потоков газов и жидкостей, как во внутренних каналах, так и при обтекании твердотельных моделей, построенных в CAD-среде SolidWorks. Здесь с помощью технологий вычислительной гидрогазодинамики ((Computational Fluid Dynamics (CFD)) реализованы расчеты теплопередачи путем конвекции (естественной и вынужденной), излучением и теплопроводностью. Flow Simulation моделирует движение потока, на основе решения уравнений Навье-Стокса [4 – 5], которые являются интерпретацией законов сохранения массы, импульса и энергии для потока жидкости (газа). Уравнения дополнены выражениями состояния жидкости, которые определяют природу жидкости или газа и эмпирическими зависимостями их плотности, вязкости и теплопроводности от температуры. Несжимаемые неньютоновские жидкости рассматриваются по зависимости их динамической вязкости от скорости деформации сдвига и температуры, а сжимаемые жидкости рассматриваются по зависимости их плотности от давления. Ещё одна часть уравнений отвечает за геометрию потока, граничные и начальные условия.

Пограничный слой

В реальных условиях обтекания поверхности потоком жидкости или газа на поверхности тела формируется пограничный слой – область течения, в котором происходит основное изменение скорости. Толщиной пограничного слоя жидкости или газа δ принято называть область поверх внешнего края слоя газа или жидкости, определяемого как 99% свободной скорости потока.

В случае ламинарного течения профиль скорости в этой области легко рассчитать по уравнениям Навье – Стокса. Однако для большинства практических случаев обтекания поверхностей, имеющих сложный геометрический профиль характерна турбулизация потока.

В случае турбулентного движения пристеночная область потока разделяется на подслои (рис. 1, а). Переход между тремя режимами течения в погранслое определяется числом Рейнольдса, $Re = \rho lu / \mu$, где ρ – плотность жидкости, l – характерный линейный размер (например, гидравлический диаметр); u – скорость, и μ – динамический коэффициент вязкости.

Рассмотрим, например, воздух. Кинематическая вязкость $\nu = \mu / \rho = 1,510^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$. Переход от ламинарного режима течения к турбулентному осуществляется, в зависимости от типа течения, при числе Рейнольдса $Re \sim 10^2 \div 10^5$. Это означает, что переход происходит при произведении линейного масштаба на скоростной $lu \sim 10^{-3} \div 100 \text{ м}^2/\text{с}$, что весьма немного.

Легко убедиться, что в таких задачах как обтекание регулярных поверхностей потоком воздуха от вентилятора течение является турбулентным.

Похожий эскиз можно выполнить для температурного переноса от температуры поверхности к температуре потока (рис. 1, б). Причем, толщина термического пограничного слоя не обязательно должна быть той же, что у жидкости или газа. Основным уравнением, описывающим процесс теплоотдачи от жидкости или газа к твердой поверхности является уравнение Ньютона – Рихмана:

$$Q = \alpha A (T_s - T_f), \quad (1)$$

где: Q – количество теплоты, которое отводится от поверхности охлаждаемого или нагреваемого тела, Вт; α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К), который не является термодинамическим свойством, а представляет собой упрощенное соотношение для состояния газа или

жидкости и условий на поток, и потому часто называется потоковым свойством; A – площадь поверхности.

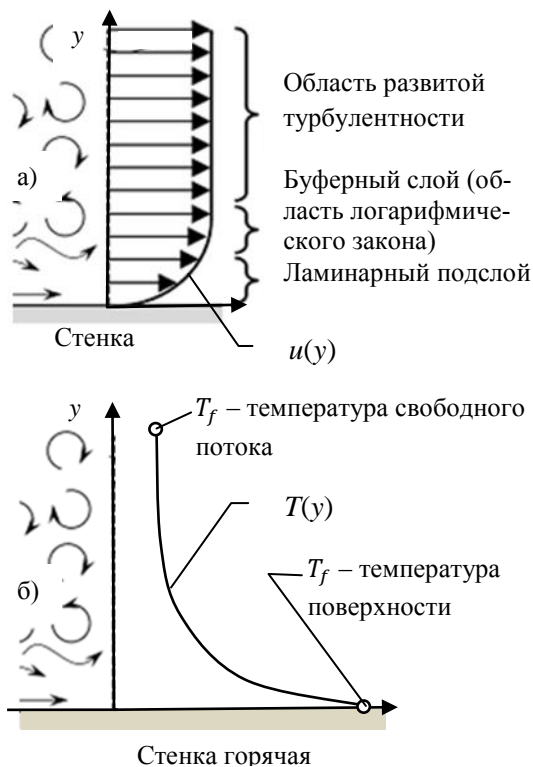


Рисунок 1 – **Параметры пограничного слоя:**
а) – относительная скорость потока; б) – температура

Теплоотдача является сложным процессом, коэффициент теплоотдачи зависит от большого количества факторов, находящихся в определенной зависимости друг от друга. Актуальный механизм теплопередачи через пограничный слой принимается как проводимость по направлению оси y через стационарную жидкость рядом со стенкой, равная скорости конвекции от пограничного слоя к самой жидкости ли газу. Это можно записать так:

$$\alpha A (T_s - T_f) = -k A \left(\frac{dT}{dy} \right)_s, \quad (2)$$

где k – коэффициент конвекции. Таким образом, коэффициент конвекции для заданной ситуации может быть оценен измерением скорости теплопереноса и разницы температур или вычислением температурного градиента, прилегающего к поверхности, и разницы температур.

Определение коэффициентов теплоотдачи

Определение коэффициентов теплоотдачи является одним из основных задач для определения эффективности методов интенсификации процессов теплопереноса. Интенсив-

ность процессов теплообмена изменяется по поверхности тел при относительном движении жидкости (газа) и обтекаемой поверхности, поэтому коэффициент теплоотдачи тоже изменяется, поэтому вводится местный коэффициент теплоотдачи:

$$\alpha = \frac{dQ}{(T_s - T_f)dF} = \frac{q}{(T_s - T_f)}. \quad (3)$$

Таким образом, коэффициент теплоотдачи есть плотность теплового потока q на поверхности тела, отнесенная к разности температур поверхности тела и окружающей среды.

На практике для расчетов обычно применяют средний коэффициент теплоотдачи. В общем виде коэффициент теплоотдачи зависит от следующих факторов: от вида теплоносителя, его теплофизических свойств и температуры; от температурного напора; вида конвекции и режима течения; от состояния поверхности и направления обтекания; от геометрии обтекаемого тела и т.д. Также коэффициент теплоотдачи зависит от природы возникновения движения среды.

$$\alpha = f(u, \rho, C_p, \mu, \omega, \beta, g, L, \Phi \dots), \quad (4)$$

где: u – скорость жидкости, м/с; ρ – плотность жидкости, кг/м³; λ – коэффициент теплопроводности жидкости, Вт/м К; μ – коэффициент динамической вязкости жидкости, м²/с; C_p – удельная массовая изобарная теплоемкость жидкости, Дж/(кг К); β – коэффициент объемного расширения жидкости, К⁻¹; g – ускорение свободного падения, м²/с; L – характерный линейный размер поверхности обтекаемого тела, м; Φ – геометрическая форма тела.

Практически не существует возможности определения математической зависимости коэффициента теплоотдачи от многочисленных факторов, поэтому для расчета коэффициента теплоотдачи используют Критерий Нуссельта Nu является характеристикой теплообмена на границе между жидкостью и стеной:

$$Nu = \frac{\alpha L}{\lambda}, \quad (5)$$

где: L – характерный линейный размер, λ – коэффициент теплопроводности окружающей среды. Для стационарного процесса критерий Нуссельта находят, используя критериальное уравнение конвективного теплообмена, в котором числа подобия имеют определенный физический смысл и рассматриваются как обобщенные переменные:

$$Nu = A Re^m Pr^n \varepsilon_T \cdot \varepsilon_L, \quad (6)$$

где: Nu, Re, Pr – числа подобия Прандтля; A, m, n – коэффициенты, зависящие от вида процесса теплоотдачи, определяемые экспериментальным путем; ε_L – коэффициент, учиты-

вающий изменение среднего коэффициента теплоотдачи по длине; ε_T – коэффициент, учитывающий зависимость теплофизических свойств от температуры:

$$\varepsilon_T = (\text{Pr}_ж / \text{Pr}_{ст})^{0,25}, \quad (7)$$

Приближенное математическое описание процессов теплопереноса в пограничном слое связано с моделями Прандтля, Ландау, Левича и Кармана и др., а также с гидродинамическим подобием и аналогией Рейнольдсом и Чилтон – Колборном. Так для определения усредненных значений коэффициентов теплоотдачи в каналах с закруткой потока авторами [3] предложено использовать модель пограничного слоя с функцией турбулентной вязкости Дайслера с учетом затихания турбулентных пульсаций по модели Ландау и Левича.

Для определения коэффициентов теплоотдачи были приняты следующие допущения:

- входной участок значительно меньше длины канала;

- теплофизические свойства теплоносителя поперек пограничного слоя изменяются незначительно;

- основное сопротивление процессу теплоотдачи происходит в пограничном слое, в котором происходит молекулярный перенос теплоты в сочетании с затухающей турбулентной диффузией (модель Ландау – Левича);

- турбулентное число Прандтля примерно равно единице.

Процесс передачи теплоты записан в виде [2]:

$$\frac{1}{\alpha} = \int_0^{\delta} \frac{q dy}{\rho c_p [a + a_t(y)]}, \quad (8)$$

где α – средний коэффициент теплоотдачи, потока Вт/(м²К); q – относительная плотность теплового потока Вт/м²; ρ – плотность среды, кг/м³; c_p – теплоемкость среды, Дж/кг К; a, a_t – коэффициенты молекулярной и турбулентной температуропроводности, м²/с; δ – толщина пограничного слоя, м; y – поперечная координата, м.

После интегрирования уравнения (8) с использованием коэффициента турбулентного переноса, принятой в форме функции Дайслера была получена формула для определения коэффициента теплоотдачи при осевом движении потока в канале в следующем виде:

$$\alpha = \frac{\rho c_p \bar{u}}{k \text{Pr}^{0,66} + b \ln(R_\delta / R' + c)}, \quad (9)$$

где: \bar{u} – скорость потока; R_δ – средняя безразмерная толщина пограничного слоя; $k = 13,91$;

$b = 2,5$; $R' = 30$; $c = 0,14$ – безразмерные величины, связанные с областью интегрирования.

Показатель степени при числе Прандтля $\text{Pr}^{0,66}$ следует из закона затухания турбулентных пульсаций в пограничном слое. Уравнение (9) является общим и позволяет определять коэффициент теплоотдачи для различных условий турбулентного движения теплоносителя при соответствующих значениях его параметров.

В частности, для случая обтекания вдоль плоской пластины потоком в турбулентном режиме параметры, входящие в уравнение (9) имеют следующий вид [3]: для динамической скорости

$$u = \bar{u} \sqrt{c_f / 2}, \quad (10)$$

где: \bar{u} – средняя скорость движения среды, м/с; c_f – коэффициент трения определяется по зависимости

$$c_f = 0,455 / (\log \text{Re}_L)^{2,58}; \quad (11)$$

$$\text{Re}_L = \rho \bar{u} L / \mu, \quad (12)$$

где: L – определяющий размер процесса теплоотдачи (длина пластины), м; μ – коэффициент динамической вязкости, Па с.

Средняя безразмерная толщина пограничного слоя R_δ определяется по следующей формуле [3]:

$$R_\delta = \exp(0,4 \bar{u} / u - 5,0), \quad (13)$$

или с учетом того, что $\delta = 0,205 L / \text{Re}_L^{0,2}$

$$R_\delta = \frac{\rho u \delta}{\mu}. \quad (14)$$

На основании выражения (9) число Нуссельта для процесса теплоотдачи пластины:

$$\text{Nu}_L = \frac{\text{Re}_L \sqrt{\frac{c_f}{2}} \text{Pr}}{13,91 \text{Pr}^{0,66} + 2,5 \ln\left(\frac{R_\delta}{30} + 0,14\right)}, \quad (15)$$

Для поверхности в виде круглой трубы с гладкими стенками уравнения (14), (15) принимают следующий вид:

$$R\delta = 4,1 10 - 7 \left(\frac{\xi}{8}\right); \quad (16)$$

$$\text{Nu}_d = \frac{\text{Re} \sqrt{\frac{\xi}{8}} \text{Pr}}{13,91 \text{Pr}^{0,66} + 2,5 \ln\left(\frac{R\delta}{R'} + 0,14\right)}, \quad (17)$$

где ξ – коэффициент сопротивления для осесимметричного потока.

Сравнение результатов расчетов числа Нуссельта по известным ранее формулам дает удовлетворительную сходимость для пластин от 0,4% до 16,2 %; для гладкой трубы от 2,8% до 7,9%.

Оценка изменения коэффициента отдачи от скорости потока в соответствии с (5,17) приведена в таблице 1

Таблица 1 – Зависимость коэффициента теплоотдачи от скорости потока

Скорость потока \bar{u} , м/с	Расход, G , м ³ /с	Число Рейнольдса Re	Коэффициент теплоотдачи, Вт/(м ² К)
1	0,0683	19588,31	2,741814
3	0,2049	58764,94	23,26998
5	0,342	97941,57	29,34427
10	0,683	195883,1	45,83281
20	1,366	391766,3	73,68513

Из результатов расчета следует, что с увеличением скорости обтекания теплоотдача увеличивается (рис.2).

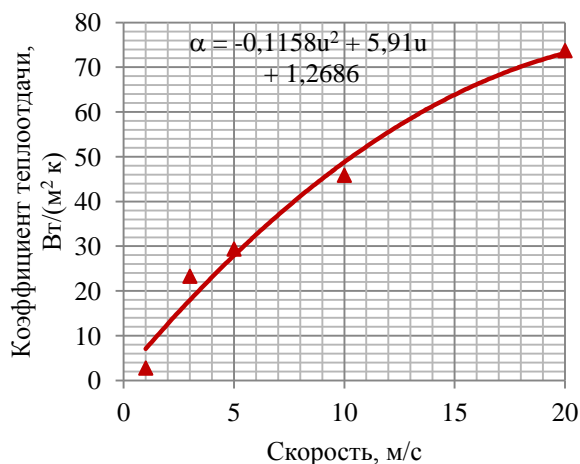


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента теплоотдачи от скорости обтекания

Однако определение теоретическим путем коэффициента теплоотдачи для поверхностей с элементами интенсификации (шероховатость, выступы, накаты, выступы и т.д.) является достаточно сложной задачей.

Используя выражение (9) запишем его для закрученного потока при стационарном режиме. Среднее значение динамической скорости в потоке, закрученном для интенсификации выразим из условия баланса сил в канале:

$$u = \bar{u} \sqrt{\xi z / (8 \cos \theta)}, \quad (18)$$

где: θ – угол закрутки потока; ξz – коэффициент сопротивления потока с закруткой.

В пограничном слое с интенсификацией параметры уравнения (9) имеют вид:

$$kz = k \sqrt{\xi / \xi z}, \quad Rz = 30 \sqrt{\xi / \xi z}, \quad R_\delta = R_\delta \sqrt{\frac{\xi}{\xi z}} \quad (19)$$

Выражение для определения числа Нуссельта для закрученного потока:

$$Nu_3 = \frac{Re \sqrt{\xi / ((8 \cos) \theta) Pr}}{13,91 Pr^{0.66} \sqrt{\xi \frac{R_\delta}{R'} + 2.5 \ln \left(\frac{R_\delta}{R'} + 0.14 \right)}} \quad (20)$$

Данные выражения для числа Нуссельта (20) могут быть рекомендованы только для приближенных расчетов теплообменных аппаратов в случае, когда параметры движения среды относительно теплообменных поверхностей легко определить из опыта. В более общих случаях необходимо использовать сложные математические модели гидрогазодинамики, например, основанные на уравнениях Навье – Стокса [4, 7].

Выбор модели турбулентной вязкости

Для описания процессов взаимодействия текучих сред (жидкости или газа) с твердыми поверхностями, движение которых описывается уравнениями Навье – Стокса, применяют полуэмпирические модели турбулентной вязкости, которые в современных вычислительных продуктах разделяют на следующие группы:

- алгебраические модели;
- модели с одним дифференциальным уравнением переноса характеристики турбулентности;
- модели с двумя дифференциальными уравнениями переноса (двухпараметрические модели);
- модели с большим числом уравнений.

Основная идея моделей сводится к предположению о существовании средней скорости потока \bar{u} и среднего отклонения от него u' , т.е. пульсационных скоростей,

$$u = \bar{u} + u', \quad (21)$$

где:

$$\bar{u}(x, y, z) = 1/\Delta t \int_t^{t+\Delta t} u(x, y, z) dt; \quad (22)$$

Δt – период времени, существенно превышающий время формирования вихрей.

Алгебраические модели являются наиболее экономичными моделями турбулентности, используемыми при расчетах течений жидкости и газа. В их основе используется гипотеза Буссинеска или гипотеза турбулентной вязкости. В ней предполагается, что, по аналогии с вязкими напряжениями в ламинарных

потоках, турбулентные напряжения также пропорциональны градиенту некой средней скорости. Эта гипотеза базируется на рассмотрении турбулентных вихрей как частиц, подобных молекулам в кинетической теории. Причем вихри крупных размеров передают свою кинетическую энергию вихрям меньших размеров. Вихри минимального размера диссипируют непосредственно в тепло. Их размер характеризуется так называемым колмогоровским масштабом $\eta_k = (\nu^3/\varepsilon)^{0,25}$, где ε – местная скорость диссипации на единицу массы, а ν – кинематическая вязкость.

Наибольшее количество энергии при этом переносят вихри некоторого «среднего» размера. То есть, вихри заменяют молекулы в роли носителей тепловой энергии и количества движения. Для вязкого газа осредненное значение Рейнольдсовых напряжений для двумерного потока можно записать в виде

$$\tau_{xy} = -\rho \overline{u'v'} = \rho L^2 \left(\frac{d\bar{u}}{dy}\right)^2 = \mu_T \frac{d\bar{u}}{dy}. \quad (23)$$

Здесь: y – координата, совпадающая с направлением потока; x – поперечная потоку координата; u' и v' – проекции пульсационной скорости на оси x и y , соответственно; L – масштаб турбулентности, который имеет порядок линейного размера крупных вихрей. Вместо динамической вязкости μ введен коэффициент турбулентной вязкости μ_T ,

$$\mu_T = C_1 \rho \sqrt{v'^2} L, \quad (24)$$

где $\sqrt{v'^2}$ – масштаб пульсаций поперечной скорости, возникающей от действия продольной. Очевидно, что коэффициент турбулентной вязкости в турбулентном потоке является переменной величиной и его определение практически невозможно. Т.е. представление Буссинеска не приводит к решению задачи, но записанное им выражение тензора турбулентных напряжений через параметры осредненного потока и называется моделью турбулентности.

Скорость диссипации энергии турбулентности ε ($\text{м}^2/\text{с}^3$) выражают [11] через пульсационную скорость v' и масштаб пульсаций L .

$$\varepsilon \approx \frac{(v')^3}{L} \approx \mu_T \left(\frac{v'}{L}\right)^2. \quad (25)$$

В соответствии с гипотезой Колмогорова-Прандтля [9] ε выражается при больших числах Рейнольдса через кинетическую энергию K и интегральный масштаб L соотношением

$$\varepsilon = C_d K^{\frac{3}{2}} / \rho L, \quad (26)$$

где C_d – эмпирическая постоянная. При этом получено [11] соотношение связывающее ко-

эффициент турбулентной вязкости μ_T , кинетическую энергию турбулентности K и скорость диссипации энергии ε в виде:

$$\mu_T = C_d C_\mu K^2 / \rho \varepsilon. \quad (27)$$

Для использования уравнений (26) – (27) необходимо задание интегрального масштаба турбулентности. Для определения масштаба турбулентности, как правило, используют дополнительные дифференциальные уравнения. Наиболее часто используются две модели расчета турбулентности: Спаларта – Аллмарса и $k - \varepsilon$ модель.

Модель Спаларта – Аллмараса относится к классу однопараметрических моделей турбулентности. Здесь появляется только одно дополнительное уравнение для расчета вязкости Спаларта – Аллмараса. Компоненты тензора турбулентных напряжений определяются следующим образом:

$$\begin{aligned} -\overline{u'v'} &= 2u_t S_{xy}; \quad u_t = \tilde{u} f_{u1}; \\ f_{u1} &= \frac{\chi^3}{\chi^3 + c_{u1}^3}; \quad \chi = \frac{\tilde{u}}{u}. \end{aligned} \quad (28)$$

Для вспомогательной величины \tilde{u} записывается уравнение переноса

$$\begin{aligned} &\frac{d\tilde{u}}{dt} \\ &\dots + \frac{1}{\sigma} \{ \nabla \cdot [(\bar{u} + \tilde{u}) \nabla \tilde{u}] + c_{b2} (\nabla \tilde{u})^2 \} \\ &\dots \\ &\dots - c_{w1} f_w \left(\frac{\tilde{u}}{d}\right)^2. \end{aligned} \quad (29)$$

Здесь \tilde{S} – локальная величина завихренности, $\tilde{S} \equiv S + \tilde{u} / \kappa^2 d^2 f_{u2}$, d – расстояние до ближайшей твердой границы.

$$\begin{aligned} f_{u2} &= \frac{\chi}{\chi + f_{u1}}; \\ f_w &= g \left[\frac{1 + c_{w3}^6}{g^6 + c_{w3}^6} \right]^{1/6}; \\ r &\equiv \frac{\tilde{u}}{\tilde{S} \kappa^2 d^2}; \quad g = r + c_{w2} (r^6 - r). \end{aligned} \quad (30)$$

На твердых стенках ставятся граничные условия $\tilde{u}=0$. Константы этой модели турбулентности

$$c_{b1}=0,1355; \quad \sigma=2/3; \quad c_{b2}=0,622; \quad \kappa=0,41; \quad c_{w1} = c_{b2}/\kappa^2 + (1 + c_{b2})/\sigma; \quad c_{w2}=0,34; \quad c_{w3}=2; \quad c_{u1}=7,1.$$

Преимуществом этой модели является ее устойчивость и хорошая сходимость. По умолчанию для модели турбулентности Спаларта – Аллмараса установлено значение турбулентной вязкости равное $0,001 \text{ м}^2/\text{с}$. Эта величина примерно соответствует параметру для воздуха при стандартной температуре и атмосферном давлении.

В $k - \varepsilon$ модели турбулентности записываются два дополнительных уравнения для расчета кинетической энергии турбулентности K и скорости диссипации кинетической энергии ε .

С точки зрения теории размерностей можно предположить, что отношение K / ε и есть то время, за которое энергия движения крупных вихрей, полученная от осредненного движения, проходит весь спектр масштабов размеров – от наиболее крупных до самых мелких, при которых и происходит диссипация турбулентной энергии. Т.е. τ , входящее в уравнение коэффициента турбулентной вязкости равно:

$$\tau = K / \varepsilon, \quad (31)$$

где K – турбулентная кинетическая энергия

Отсюда следует, что коэффициент турбулентной вязкости определяется по формуле:

$$\mu_T = C_\mu \rho K^2 / \varepsilon. \quad (32)$$

Кроме того, в модель входят следующие уравнения:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho K) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \bar{u}_j K) = \dots \\ \dots = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\frac{\mu_T}{\sigma_K} + \mu \right) \frac{\partial K}{\partial x_j} \right] + P_K - \rho \varepsilon; \end{aligned} \quad (33)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \bar{u}_j \varepsilon) = \dots \\ \dots = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\frac{\mu_T}{\sigma_\varepsilon} + \mu \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + \dots \\ \dots + \frac{\varepsilon}{K} (C_{\varepsilon 1} - C_{\varepsilon 2} \rho \varepsilon). \end{aligned} \quad (34)$$

В классической $k - \varepsilon$ модели по умолчанию используются следующие числовые константы: $C_\mu = 0,09$; $\sigma_K = 1$; $\sigma_\varepsilon = 1,3$; $C_{\varepsilon 1} = 1,44$; $C_{\varepsilon 2} = 1,92$.

Эта модель широко используется для свободных течений (струи, слой смещения и т.п.), но плохо описывает пристеночные течения. Дело в том, что при выводе основных уравнений, относящихся к скорости диссипации ε , использовалось допущение о больших значениях локального числа Рейнольдса. Возле стенки это допущение нарушается – локальное число Рейнольдса стремится к нулю.

Буферный слой не моделируется, для расчета скорости у стенки используются пристеночные функции. Благодаря быстрой сходимости и относительно низким требованиям к объему памяти $k - \varepsilon$ модель очень популярна при решении промышленных задач. Она не очень точна при моделировании течений с положительным градиентом давления, струйных течений и течений в области с сильно искривленной геометрией. Модель хорошо подходит для решения задач обтекания тел сложной гео-

метрической формы. Например, $k - \varepsilon$ модель рекомендуется использовать для моделирования потока вблизи плохо обтекаемого тела.

Интенсивность турбулентности является мерой пульсаций в данной точке потока. Интенсивность турбулентности изменяется от 0 – 3% в атмосфере до 7 – 8 % и более в машинах.

Конкуренцию перечисленным обеим моделям, особенно при расчете пристеночных эффектов в гидрогазодинамике, составляет двухпараметрическая, так называемая, двухзональная $k - \omega$ модель Ментера [10]. В последнее время для моделирования процессов гидрогазодинамики применяют также гибридные модели, совмещающие в себе несколько моделей турбулентности и построение пристеночных функций в различных слоях пограничного слоя, а также прямое численное моделирование (DNS – Direct Numerical Simulation) и моделирование крупных вихрей (LES – Large Eddy Simulation). Применение и развитие этих подходов связано с развитием вычислительных ресурсов современных ЭВМ.

Постановка и решение задачи теплообмена в CAD/CAE – среде

Процесс постановки и решения задачи теплообмена в CAD/CAE – среде можно представить следующим алгоритмом:

- построение геометрии объекта (например, в SolidWorks);
- определение границ расчетной области, ее физических свойств;
- разбивка области на подобласти, построение сетки (например, во Flow Simulation);
- постановка граничных условий⁴ и выбор модели турбулентности;
- задание цели проекта, запуск и проведение расчёта;
- контроль точности результата (сходимости расчетов);
- просмотр и анализ результатов полученного решения.

Поскольку большинство перечисленных процедур в современных CAD/CAE – системах формализованы "встроенными" системой уравнений и методом их анализа, то наибольшую трудность в процессе применения численного анализа вызывают постановка граничных условий. Для исследования интенсивности теплопередачи при конвективном теплообмене наибольшую трудность представляет собой определение коэффициентов теплоотдачи либо вы-

⁴Для указания граничных условий на границе потока, отверстие необходимо предварительно закрыть «крышкой», а уже затем поверхность крышки определить как границу области. Крышка может быть создана автоматически или вручную.

бор моделей турбулентности, определяющих теплопередачу через пограничный слой потока к стенке твердого тела. В SolidWorks/ Flow Simulation последняя задача сводится к определению параметров турбулентности $k - \epsilon$ модели для входного и выходного потоков.

В качестве рекомендаций к выбору параметров многие авторы указывают на то, что для разрешения некоторой неопределенности в отношении одного или нескольких входных значений параметров турбулентности, необходимо проведение качественного исследования путем повторного расчёта с использованием одного или нескольких различных значений неизвестных переменных. Это позволит определить, насколько существенно их влияние на результаты моделирования. При этом использование настроек по умолчанию допустимо для модели турбулентности Спаларта – Аллмараса, где значение турбулентной вязкости соответствует параметрам стандартной атмосферы и степени турбулентной вязкости 70, характерной для большинства теплообменных аппаратов.

Как правило, большинство задач строится таким образом, чтобы на входе и выходе не требовалось подробного задания параметров турбулентности с помощью профилей переменных по пространству, поэтому в большинстве задач для течений в каналах при условии применения $k - \epsilon$ модели рекомендуется задавать интенсивность турбулентности и гидравлический диаметр, понятие которого связано с входным поперечным сечением трубы или воздуховода.

Интенсивность и масштаб длины – этот подход предпочтительно использовать в тех случаях, когда можно достаточно легко оценить турбулентный масштаб длины. Один из примеров таких задач – поток ниже по течению после обтекания препятствий, таких как поворотные лопатки или перфорированные пластины (масштаб длины примерно равен размеру отверстия, через которое проходит поток). Ещё один пример – поток в пограничном слое (масштаб длины примерно равен 40% толщины пограничного слоя). При моделировании задач внешнего обтекания для свободных границ рекомендуется устанавливать значение интенсивности турбулентности меньше или равное 1% и значение степени турбулентной вязкости равное 2.

Интенсивность турбулентности может быть определена путём измерения или из имеющихся статистических данных. При отсутствии такой дополнительной информации рекомендуется умеренное значение для интенсивности турбулентности (4 – 5%). После прохождения препятствий интенсивность турбулентности потока, как правило, высока. Если

имеются дополнительные данные о течении, то их можно использовать для задания параметров турбулентности. В случае отсутствия дополнительной информации значение интенсивности турбулентности можно задать равным 10%. Эту величину можно считать хорошим начальным приближением.

Таблица 2 – Граничные условия Flow Simulation

Для впускных и выпускных отверстий	Только для впускного отверстия
<ul style="list-style-type: none"> – Масса и объем – Объемный расход – Скорость – Число Маха – Статическое давление – Общее давление – Давление среды – Давление на стенке 	<ul style="list-style-type: none"> – Профиль скорости потока, линия завихрения или вектор – Температура – Состав (для сборок) – Параметры турбулентности
Вентилятор	Теоретический вентилятор, который полностью определяется кривой, означающей группированную зависимость объемного расхода и перепада давления. Вентилятор можно использовать в качестве впускного и выпускного отверстий или внутреннего вентилятора. База данных содержит кривые вентилятора для выбранных промышленных вентиляторов. Кроме того, можно самостоятельно определить кривые вентилятора.
Теплоотвод	Теоретический вентилятор, совмещенный с теплоотводом. Flow Simulation определяет теплоотвод по кривой вентилятора и кривой жаропрочности.
Термоэлектрический охлаждающий модуль	Теоретическое охлаждающее устройство Peltier определяется по разнице максимальной температуры, которую оно может выработать.

В неопределенных случаях рекомендуется задавать интенсивность и турбулентной вязкости. В этом случае рекомендуемое значение для степени вязкости – 10. В таких потоках как, высокорейнольдсовые пограничные слои, сдвиговые слои, полностью развитое течение в каналах, степень турбулентной вязкости может находиться в диапазоне от 100 до 1000.

Наиболее полно учесть параметры турбулентности, в том числе и произвести выбор наиболее подходящей модели турбулентности и ее параметров позволяют не все доступные программные средства (например, такие как Ansys/Flotran, Comsol и др.).

В интерфейсе Flow Simulation представлено на выбор два способа выбора входных параметров: интенсивность турбулентности + масштаб длины и энергия турбулентности + скорость диссипации энергии турбулентности. Задание граничных условий во Flow Simulation можно производить через панель быстрого доступа (Insert Boundary Conditions). Достаточно в открывшемся окне Boundary Conditions выбрать поверхности как твердого тела, так и границ потока газов или жидкости, на которых задается граничное условие.

В качестве граничных условий (табл.2) на поверхностях твердого тела (Real wall) задают: температуру стенки T , К; коэффициент теплоотдачи α , (Вт/(м²/К), шероховатость

стенки R_z , мкм, либо выбирают (Ideal wall) – адиабатическая, гладкая стенка и задают только температуру стенки и шероховатость (либо тепловой поток Вт/м²).

Пример расчета теплообменника

В качестве примера приведем расчет теплообменника "труба в трубе" [8], выполненного более подробно в конструктивном исполнении (рис.3). Материал теплообменника – медь

На входной границе потока задается граничное условие типа «входной массовый (кг/с) или объемный (м³/с) расход» (inlet mass flow) либо скорость потока (м/с), его конфигурация, а также температура (К) и давление (Па). На выходной границе задается начальное приближение типа «давление окружения» (environment pressure) и температура, либо определяются параметры потока соответствующие входным и условиям задачи.

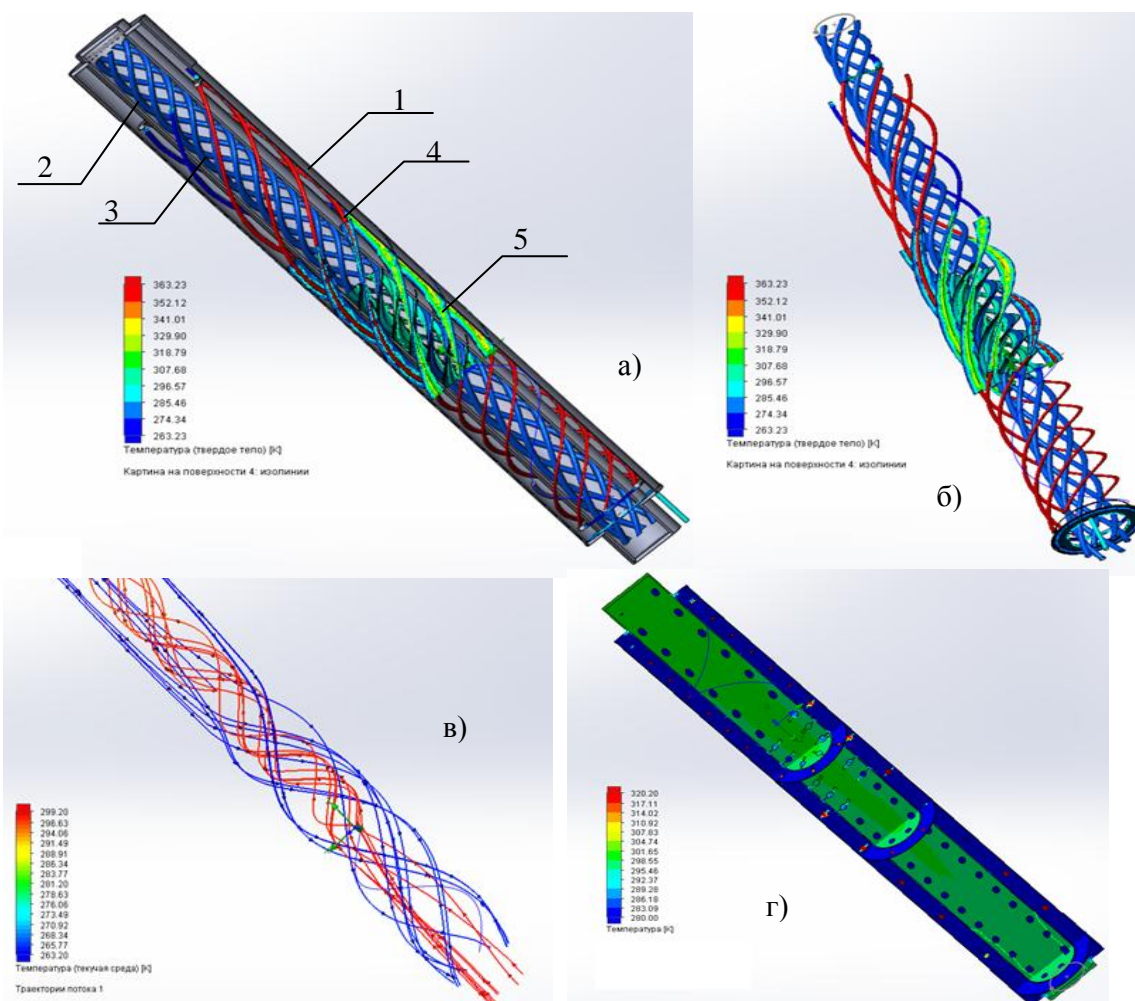


Рисунок 3 – Результаты расчетного анализа теплообменного устройства: а) – конструкция теплообменного аппарата: 1 – внешняя труба; 2 – внутренняя труба; 3, 4 – тепловые трубки; 5 – турбулизатор; б) – распределение температуры по поверхности тепловых трубок; в) – траектории потока (температура текучей среды); г) – распределение температуры по сечению аппарата

Условиями задачи предусмотрен теплообмен с окружающей средой и радиационный обмен с тепловыми трубками, размещенными во внутренней и внешней трубах. Внутренняя тепловая трубка имеет температуру 276,2 К, а внешняя 363,2 К, соответствующие температурам проходящего по ним теплоносителя. По трубам движется воздух, омывающий тепловые трубки, и имеющий температуру 263К и 299 К, соответствующие температурам внешней среды и вентилируемого воздуха. На первом этапе расчета проводилась оценка влияния параметров $k - \epsilon$ модели турбулентности путем изменения параметров модели для входящего и выходящего потоков воздуха в широком диапазоне:

- по $I_t - L_t$ варианту $I_t = 5 \div 100\%$;
 $L_t = 0,0001 \div 0,1$ m;
 по $k - \epsilon$ варианту $k = 1 \div 100$ J/kg(Дж/кг); $\epsilon = 1 \div 100$ W/kg (Вт/кг). При этом результаты расчета (рис. 3) оказались идентичными, что характеризует отсутствие существенного влияния турбулентности во

входящем потоке на обтекание поверхностей теплообменника. Результаты расчета, проведенные исходя из ламинарных режимов обтекания, также получились идентичными предыдущим.

На втором этапе расчет проводился с учетом изменения конструкции теплообменного устройства путем установки пластинчатых винтовых лопастей, закручивающих поток в центральной части теплообменного устройства. В результате расчетов получено, что установка таких лопастей увеличивает теплоотдачу за счет изменения скорости обтекания труб на 16,7 % в целом.

Исследование теплоотдачи в тепловой пушке

Эффективность интенсификации процесса теплопередачи далее рассмотрим на примере тепловой пушки (рис. 4). Здесь закрутка потока воздуха производится путем установки винтовых лопастей во входном сечении фена.

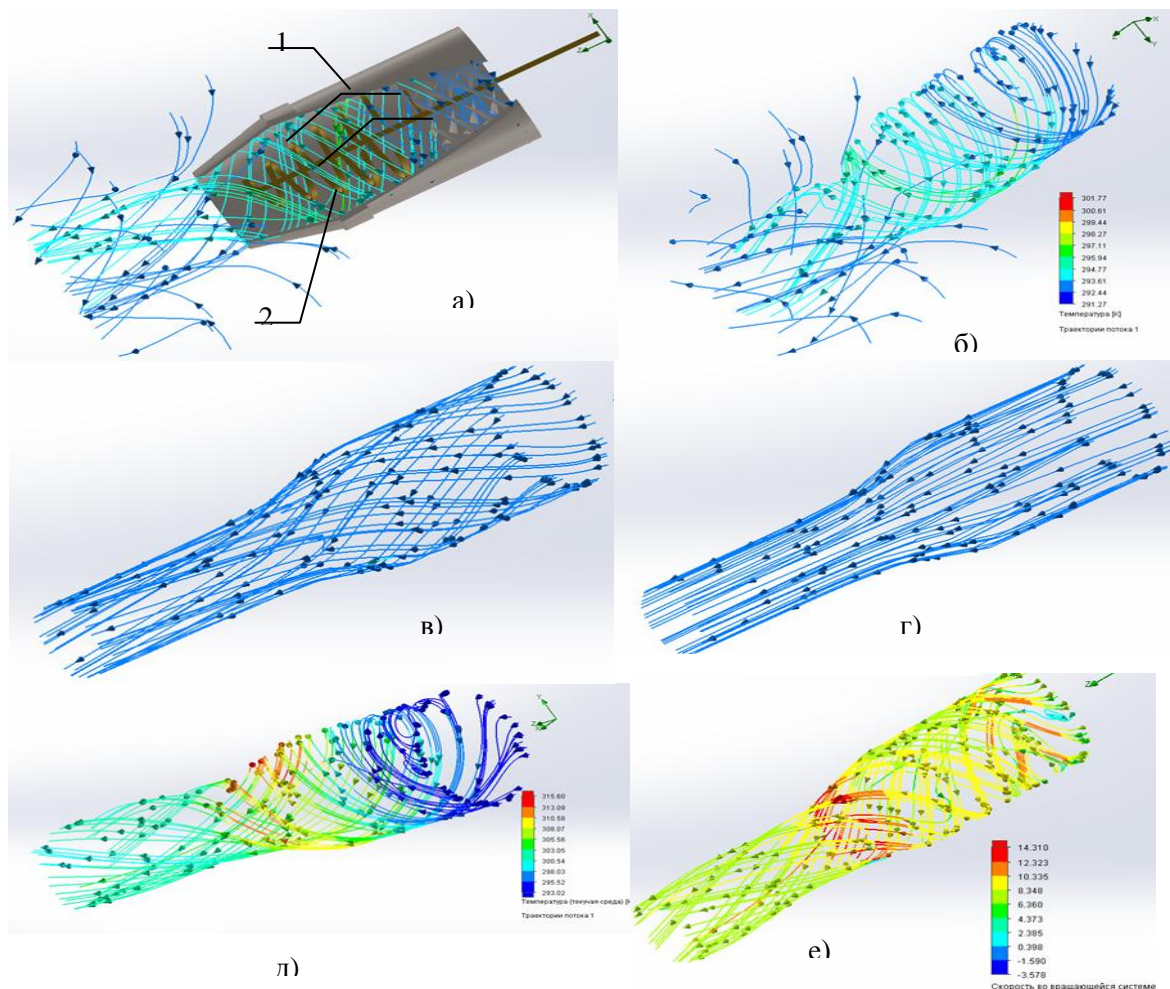


Рисунок 4 – Интенсификация рабочего процесса тепловой пушки: а) – конструкция: 1 – корпус; 2 – спираль; б) – д) – температура в потоке с различной закруткой; е) – распределение скорости в закрученном потоке

Результаты расчетов показывают очевидную зависимость температуры потока на выходе от интенсивности закрутки потока.

Очевидно, что увеличение интенсивности закрутки потока, с одной стороны, приводит к увеличению местной скорости, омывающего нагревательный элемент потока (в полтора раза от средней), а с другой – увеличивает путь, на котором происходит взаимодействие частиц потока с нагретой поверхностью. Оба этих фактора способствуют увеличению теплоотдачи от нагреваемого элемента. Температура потока за нагреваемым элементом увеличивается при увеличении интенсивности закрутки потока. Следует отметить также, что снижение скорости входного потока также приводит к увеличению температуры на выходе. Однако в этом случае мощность теплоотдачи уменьшается

Проектирование теплообменника теплового насоса

Полученные при анализе теплообменных устройств данные об интенсификации процесса теплообмена были положены в основу проектирования внешнего теплообменника теплового насоса "Воздух – Вода". В качестве прототипа был выбран теплообменник теплового насоса AVH-12V1D (рис.5).

Источником низкопотенциальной энергии для теплового насоса является наружный воздух, который вентилятором направляется во внешний блок и к контуру хладагента. Хладагент нагревается, забирая теплоту от воздуха, и далее поступает в компрессор, где сжимается и поступает уже с высокой температурой в теплообменник внутреннего блока. Там тепло отдается теплоносителю – воде, которая далее следует в радиатор и отапливает помещение. Эффективность работы теплового насоса в большой мере зависит от эффективности работы теплообменных устройств и, в частности, от испарителя, размещенного во внешнем блоке теплового насоса (рис.5).



Рисунок 5 – Теплообменник теплового насоса: а) – внешний вид; б) – картина от тепловизора (коэффициент излучения: 0,94; отраж. темп. 27,0°C; самая холодная точка – +25,1°C; самая теплая точка – +31,3°C)

Для исследования работы теплового насоса использовались тепловизор и мультиметр, которыми были измерены электрические и термодинамические параметры. В частности, были получены следующие данные: $t_{вх}=24^{\circ}\text{C}$ – температура на входе в теплообменник (она же температура наружного воздуха); $t_{вых}=20^{\circ}\text{C}$ – температура воздуха, выходящего из теплообменника; $P=680$ Вт – мощность потребления электроэнергии при работе мотора компрессора. Температурное поле, полученное с помощью тепловизора, представлено на рис. 5 б).

Внешний теплообменник теплового насоса представляет собой изогнутую оребренную трубку, по которой протекает газообразный (кипящий при низкой температуре (-25 – -

15°C) хладагент. Основным недостатком такой (сетчатой) конструкции является ее низкая проницаемость для воздушного потока. Это приводит к необходимости установки относительно мощного вентилятора, побуждающего поток к движению через конденсатор.

Для совершенствования теплообменника теплового насоса предлагается конструкция (рис.6), представляющая собой концентрично расположенные винтовые пластины 3, скрепленные с трубками 2, заполненными хладагентом. Вся конструкция размещена в трубчатом корпусе 1 и разделена по окружности концентрично расположенными теплопроводящими перегородками 4.

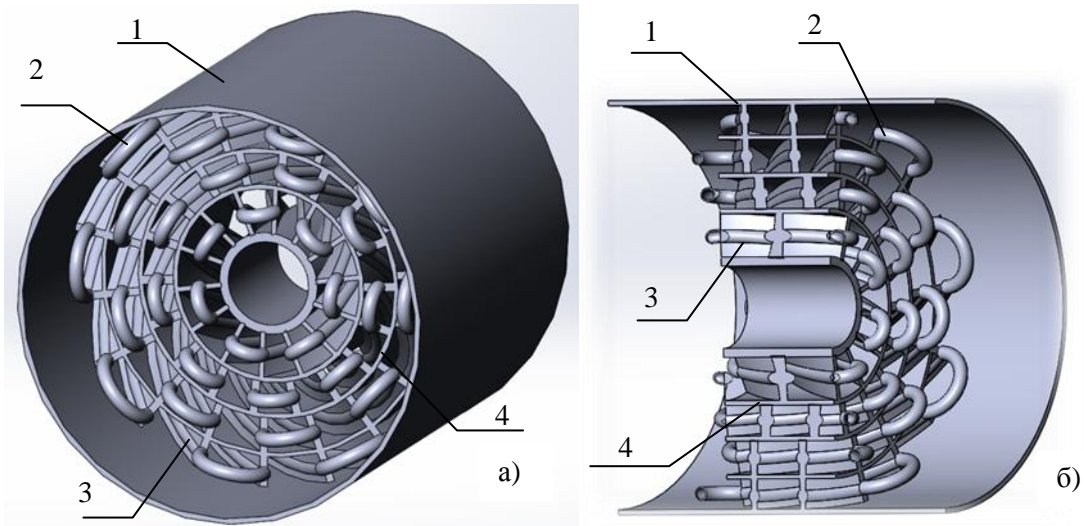


Рисунок 6 – Конструкция ротационного теплообменника: а) – внешний вид проточной части; б) – разрез: 1 – внешний корпус; 2 – трубки с хладагентом; 3 – винтовые пластины; 4 – перегородки из теплопроводящего материала

В качестве граничных условий задан входящий ламинарный поток воздуха с температурой $t_{вх}=20^{\circ}\text{C}$ и выход в невозмущенную атмосферу с той же температурой и нормальным давлением. Для анализа выходного потока и соблюдения граничных условий расчетная область расширена специальной цилиндрической насадкой на поверхности которой и заданы граничные условия.

Результаты полученных расчетов интерпретированы картинками постпроцессора SolidWorks/Flow Simulation (рис. 7- 9).

Анализ представленных на рис 6 – 8 картин показывает, что в результате вынужденного протекания воздуха через теплообменник формируется поток, температура которого ниже температуры окружающего воздуха. Распределение температуры неравномерное, так что в центральной части потока температура на несколько градусов ниже температуры окружающей среды. При удалении от центра к периферии потока температура приближается к температуре окружающей среды. При этом формируется четкая граница потока, имеющая значительный градиент температуры.

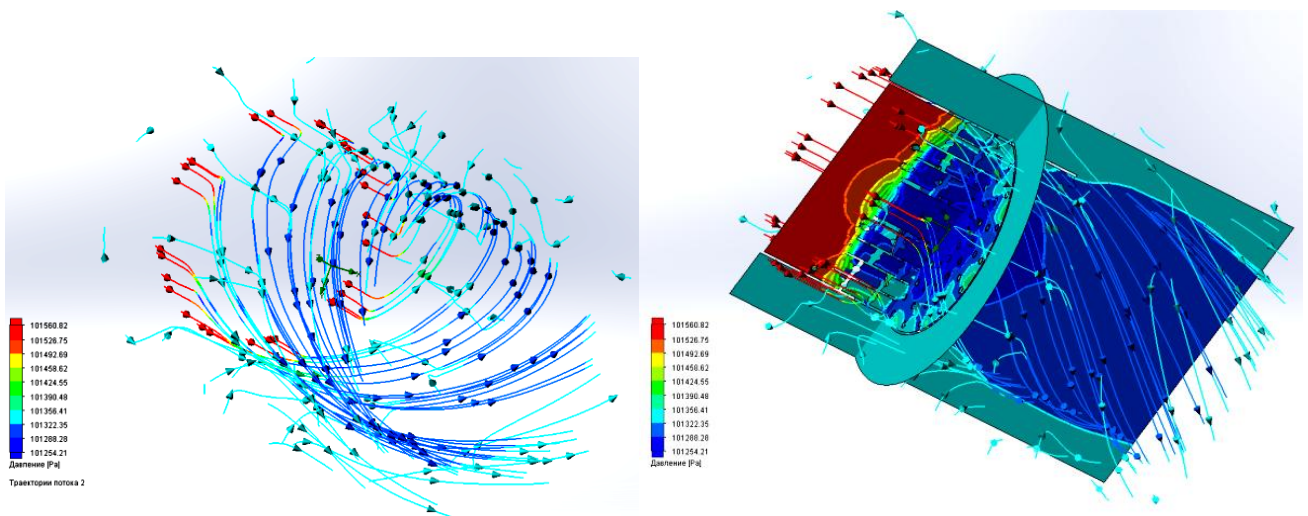


Рисунок 7 – Картинки распределения давления в потоке

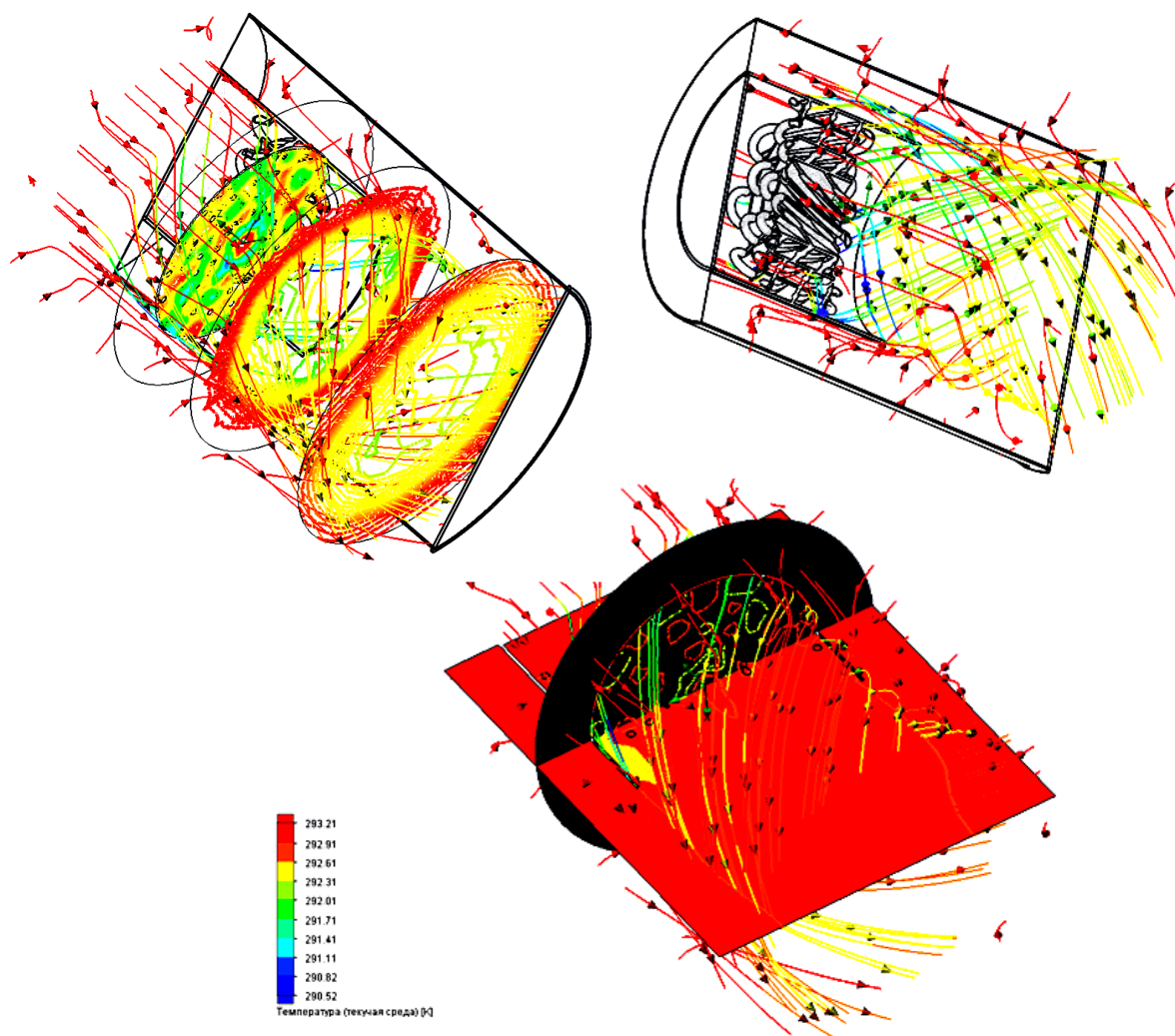


Рисунок 8 – Картины распределения температуры воздуха в потоке

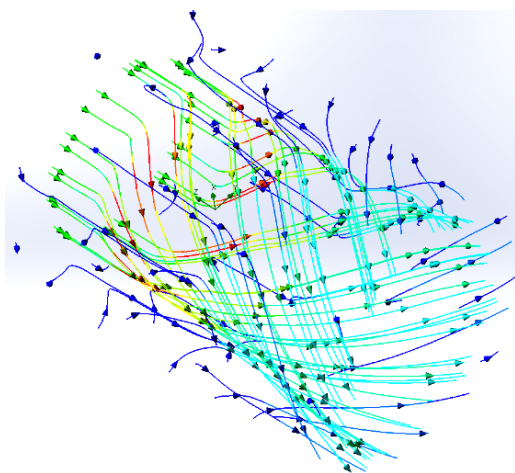


Рисунок 9 – Скорости линий потока

Практически по сечению выходного потока его температура постоянная (за исключением границы и, в некоторых случаях, обусловленных малой скоростью потока, небольшой зоны по самому его центру). По мере удаления от выходного сечения поток постепенно расширяется, так что на расстоянии двух диаметров его площадь увеличи-

вается примерно всего на 60%, а границы расширяются за счет диссипации температуры по поперечному сечению. У фронта теплообменника формируется зона повышенного давления (рис.7), а у тыльной части – пониженного. Скорость частиц воздуха в потоке (рис.9) увеличивается на участке закручивания лопастями (здесь она наибольшая) и остается большей поступательной составляющей на выходе из теплообменника.

Для оценки количественного влияния расхода вентилируемого через теплообменник воздуха на его теплофизические и аэродинамические свойства поставлена и решена средствами SolidWorks/ Flow Simulation внешняя задача обтекания рабочей части теплообменного устройства (рис.5) воздухом, с температурой +20 °С с различными скоростями. Результаты представлены в виде картин распределения температуры и давления на рис. 10 и 11, соответственно. Полученные результаты позволили получить значения теплофизических и аэродинамических характеристик теплообменного устройства, представленные в табл.2.

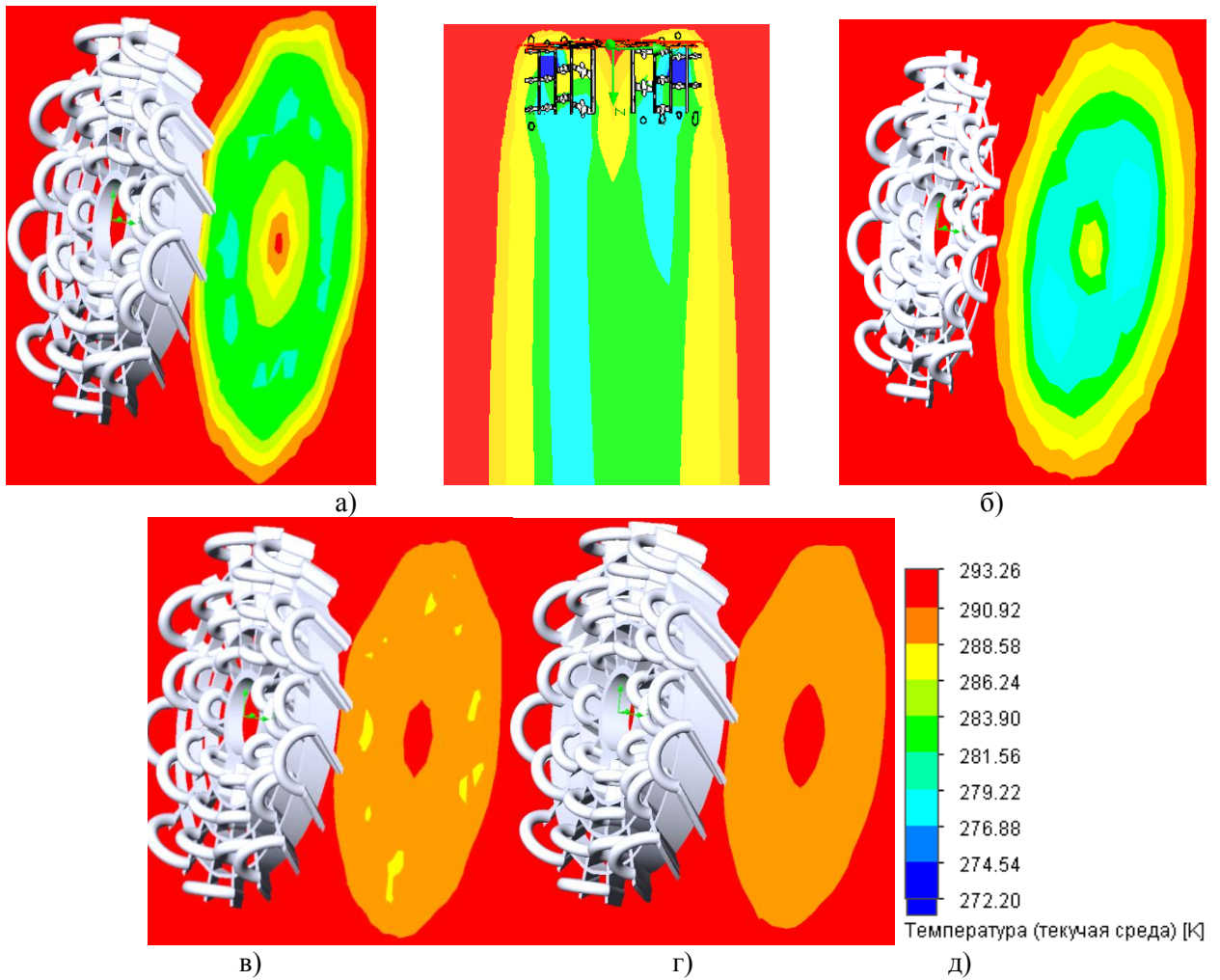


Рисунок 10 – Картины распределения температуры воздуха в потоке при различных скоростях:
 а) – $\bar{u}= 1$ м/с; б) – $\bar{u}= 3$ м/с; в) – $\bar{u}= 5$ м/с; г) – $\bar{u}= 10$ м/с; д) – шкала температуры

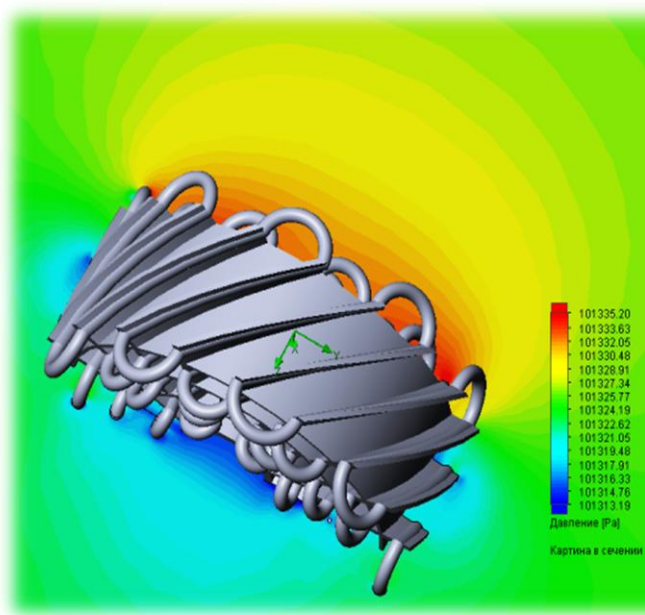


Рисунок 11 – Картина распределения давления в потоке ($\bar{u}= 5$ м/с)

$$Q = c_p \rho G (T_{cp} - 293,2); \quad (35)$$

$$C_z = \frac{2\Delta p}{\rho \bar{u}^2}, \quad (36)$$

где: c_p – теплоемкость воздуха $c_p = 1005$ Дж/(кг К); ρ – плотность воздуха, $\rho = 1,205$ кг/м³.

Результаты таблицы 2 интерпретированы графиками на рис. 12 – 14.

Из результатов, представленных графиками на рис. 12 – 14, следует, что тепловая мощность спроектированного теплообменного устройства растет с увеличением скорости вентиляции проточного воздуха до значений 3 – 5 м/с, а затем постепенно снижается по мере увеличения скорости до 10 м/с. При этом температура выходного потока воздуха также увеличи-

вается и при скорости, равной $\bar{u} \cong 10$ м/с приближается к температуре окружающей среды. По мере увеличения скорости обдува увеличивается также во второй степени аэродинамическое сопротивление теплообменника, что требует увеличение мощности вентилятора,

побуждающего воздух к вентиляции через теплообменник. Следовательно, для данной конструкции теплообменного устройства оптимальной скоростью обдува воздуха будет являться величина \bar{u} , находящаяся в пределах 3 – 5 м/с.

Таблица 2 – Теплофизические и аэродинамические характеристики теплообменника

№ оп	Скорость потока, м/с	Расход воздуха, G , м ³ /с	Средняя температура выходного потока, T_{cp} , К	Тепловая мощность, Q , кВт	Избыточное давление, Δp , Па	Коэффициент сопротивления C_z
1.	1	0,0683	277	1,34	0,85	1,41
2.	3	0,205	282	2,78	8	1,48
3.	5	0,342	286	2,98	23	1,53
4.	7	0,479	285	2,76	52	1,76
5.	10	0,686	290	2,66	206	3,42

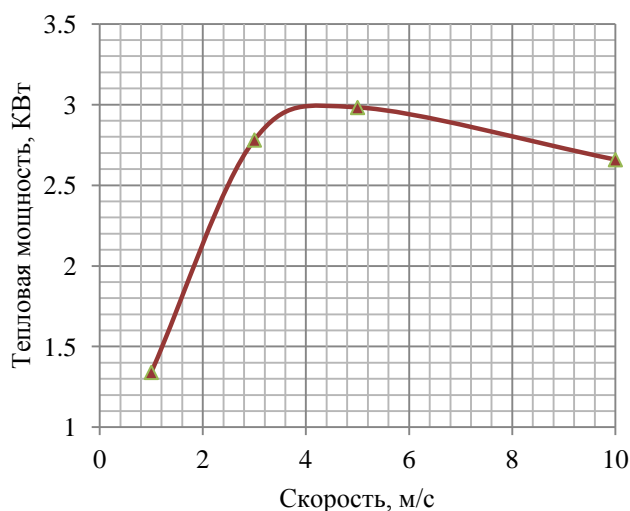


Рисунок 12 – Изменение тепловой мощности от скорости

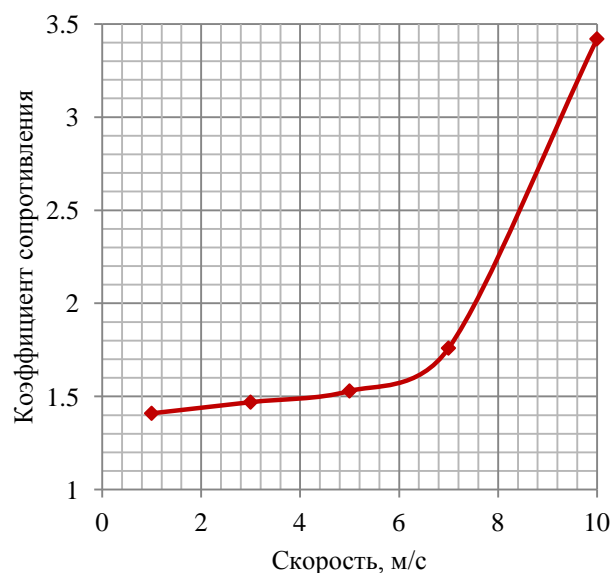


Рисунок 14 – Изменение аэродинамического сопротивления от скорости

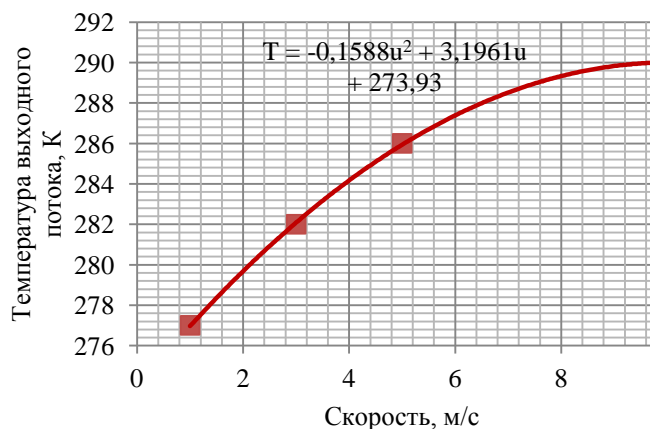


Рисунок 13 – Изменение температуры выходного потока от скорости

Наличие оптимальной скорости обдува наглядно иллюстрирует график, представленный на рисунке 14. Здесь характер изменения аэродинамического сопротивления, рассчитанного в соответствии с формулой (36) иллюстрирует переход характера обтекания сложных поверхностей теплообменника в диапазоне скоростей 5 – 10 м/с. Это приводит к практически скачкообразному увеличению аэродинамического сопротивления. Эффективность теплообменного процесса при этом снижается.

Выводы

Рабочие процессы, протекающие в теплообменных аппаратах, характеризуются сложным в большой степени нестационарным течением теплоносителя, связанным и зависящим от геометрических характеристик проточной части теплообменного аппарата, а также с особенностями его компоновки и устройства. При этом интенсификация гидрогазодинамического процесса посредством механического воздействия на воздушный поток, обеспечивающая его вращение приводит к значительному повышению интенсивности теплообмена при снижении аэродинамическое сопротивление.

Проведенные в статье исследования различных по конструкции и назначению теплообменных устройств показали эффективность современных вычислительных средств и CAD/CAE технологий для их проектирования и определения оптимальных режимов их функционирования.

Разработанные в статье конструкции теплообменных аппаратов и их обоснованные параметры могут быть использованы в практике проектирования и обоснования параметров подобных по назначению устройств.

Литература

1. Лепеш Г.В. Энергосбережение в системах жизнеобеспечения зданий и сооружений/ Г. В. Лепеш. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2014. – 437 с.
2. Лаптев А.Г., Николаев Н.А., Башаров М.М. Методы интенсификации и моделирования теплообменных процессов. Учебно-справочное пособие. – М.: «Теплотехник», 2011. – 335 с.
3. Лаптев А.Г., Башаров М.М., Рунов Д.М. Определение коэффициентов теплоотдачи в каналах с элементами интенсификации. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015.- №3
4. Алямовский А.А. Инженерные расчеты в SolidWorksSimulation. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 464 с.
5. Лепеш Г.В., Лунова С.К. Совершенствование технологии тепловых насосов. Эффект Ранка-Хильша. // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2016.-№3(37). С. 39-43.
6. Лепеш Г.В. Применение информационных технологий при подготовке инженерных кадров// Техничко-технологические проблемы сервиса. 2016.- №3(37) с.3-6.
7. Лепеш Г.В., Зубов А.А., Лепеш А.Г. К вопросу о моделировании газодинамических процессов в турбокомпрессорах// Техничко-технологические проблемы сервиса. 2007.-№1 с.30-35.
8. Лепеш Г.В., Лепеш А.Г., Лунова С.К. Повышение эффективности теплообменных аппаратов путем применения вихревого эффекта// Техничко-технологические проблемы сервиса. 2016.-№4(38)
9. Москвичев А. В. Применимость моделей турбулентности, реализованных в Ansys CFX, для исследования газодинамики в щелевом канале ТНА ЖРД // Вестник ВГТУ. 2013. №5-1.
10. Лапин Ю.В. Статистическая теория турбулентности (прошлое и настоящее – краткий очерк идей)// Научно-технические ведомости 2' -2004, -35 с.
11. Лаптева Е.А., Фарахов Т.М. Математические модели и расчет теплообменных характеристик аппаратов. Под ред. А.Г. Лаптева. – Казань: Отечество, 2013. -182 с.



МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ В ЗАДАЧАХ ТРАНСПОРТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Н.А. Ермошин¹, Ю.Г. Лазарев²

¹Санкт-Петербургский государственный политехнический университет (СПбГПУ), 195251, Санкт-Петербург, Политехническая, 29;

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

Данная статья посвящена анализу и поиску новых резервов повышения эффективности производства и логистики, оптимизации транспортных процессов и развития транспортных коммуникаций, основанных на повышении эффективности работы транспортно-логистических систем.

Ключевые слова: оптимизация транспортных процессов, логистический подход, сервисное обслуживание.

MULTIOBJECTIVE OPTIMIZATION IN PROBLEMS OF TRANSPORT PLANNING

N.A. Ermoshin, Yu.G. Lazarev

Saint Petersburg Polytechnic University (SpBPU). 195251, Saint-Petersburg, Polytechnic, 29

Saint-Petersburg state economic University (FINEC),

191023, Saint-Petersburg, st. Sadovaya, 21

This article analyzes the search for new reserves for increasing the efficiency of production and logistics, optimization of transport processes and development of transport communications based on increasing the efficiency of transport and logistics systems.

Keywords: to optimize transportation processes, logistic approach, service the service.

Введение

Современный этап развития экономики отличается тем, что все большее влияние на эффективность функционирования предприятий и организаций оказывают не производственные или технологические процессы, а те стадии жизненного цикла продукции и услуг, которые касаются проектирования, поставки, хранения, сбыта и сервисного обслуживания. Все чаще на работу хозяйствующих субъектов проявляют воздействие не внутренняя оптимизация локальных функций управления эффективностью, а интеграция внутри и между предприятиями, взаимодействие с поставщиками и потребителями, транспортировка и хранение продукции производственно-технического назначения, товаров и других материальных ценностей. Это требует поиска новых резервов по-

вышения эффективности производства и логистики, оптимизации транспортных процессов и развития транспортных коммуникаций, основанных на повышении эффективности работы транспортно-логистических систем. Решение данной задачи невозможно без применения математических методов исследования операций и процессов, а также разработки прикладных экономико-математических моделей и методик, позволяющих оптимизировать управление транспортом по критериям стоимости, времени, расстояния, транспортной работы, надежности доставки товаров. Зачастую возникает необходимость оптимизации плана перевозок не по одному, а одновременно по нескольким критериям при неопределенности условий организации перевозок.

Ермошин Николай Алексеевич, д.в.н., профессор, профессор кафедры «Строительство уникальных зданий и сооружений» СПбГПУТ.: +7 (921) 388-56-40; e-mail: ermonata@mail.ru;

Лазарев Юрий Георгиевич, к.т.н., профессор, профессор кафедры «Автосервис» СПбГЭУ.: +7 (812) 758-44-29; e-mail: lazarev-yurij@yandex.ru

Постановка задачи

Вместе с тем, классические методы оптимизации транспортных планов и прикладные методические разработки в этой области знаний предусматривают оптимизацию по одному из показателей. Чаще всего в этой роли выступают тарифы на перевозки, либо расстояние перевозок.

Однако при большой загруженности транспортных коммуникаций, в особенности автомобильных дорог и улично-дорожной сети городов, постановка задачи оптимизации плана перевозок с использованием одного критерия оказывается не вполне реалистичной. Заторы, наличие участков концентрации дорожно-транспортных происшествий, природно-климатические факторы, состояние дорожного покрытия на автомобильных дорогах и другие дорожные условия влияют на сроки и надежность автомобильных перевозок. Более того, есть мнение, что в качестве критерия оптимизации плана перевозок в классической транспортной задаче линейного программирования можно использовать «...время, затраченное на совершение всех перевозок» [1]. Такая точка зрения может привести к ошибкам в планировании, так как известно, что время не является линейной функцией от количества единиц перевозимого груза.

Указанные обстоятельства свидетельствуют о наличии задачи научного обоснования методических положений по разработке планов перевозок с учетом многочисленности, неоднородности и противоречивости целей планирования, а также стохастичности условий реализации таких планов.

Рассмотрим несколько характерных ситуаций, требующих дополнения классических критериев, используемых при решении транспортной задачи.

Описание исследования

Наиболее распространенной является ситуация разработки оптимального плана перевозок, когда *наряду с минимизацией стоимости перевозок требуется обеспечить их своевременность*, т.е. в случаях, когда существует неопределенность по времени доставки грузов конечному потребителю. Несомненно, производитель, отдаст предпочтение при выборе перевозчика своей продукции той транспортной организации, которая сможет гарантиро-

вать качественную доставку груза в установленные сроки и за меньшую стоимость. При такой постановке задачи возникают противоречия между стоимостью и качеством, стоимостью и временем, а также между временем и качеством перевозок. В связи с этим вопрос о разработке оптимального плана перевозок принимает нетривиальный характер.

Естественным способом решения этой задачи является выбор маршрутов, отличающихся наименьшей неопределенностью по срокам доставки товарно-материальных ценностей. Такие маршруты могут быть определены на основе статистического анализа ретроспективных данных в сфере оказания транспортных услуг на отдельном предприятии, в городе или регионе.

В качестве статистической характеристики маршрута с точки зрения своевременности оказания транспортной услуги могут использоваться интервальные или точечные оценки времени доставки груза (вероятность своевременной доставки, интервал времени доставки с заданным уровнем доверительной вероятности).

На этой основе предсказуемость планирования перевозочного процесса и составление оптимального плана перевозок можно с достаточной достоверностью рассчитать, используя подход, который базируется на постановке классической транспортной задачи. Вместе с тем, наряду с минимизацией логистических издержек на транспортировку грузов, он позволяет выбрать наиболее надежные маршруты доставки. Суть подхода сводится к следующему.

Пусть некоторый однородный продукт, сосредоточенный у m поставщиков A_i в количестве a_i , ($i = 1, \dots, m$) единиц соответственно, необходимо доставить n потребителям B_j в количестве b_j , ($j = 1, \dots, n$) единиц. Известны затраты c_{ij} на перевозку груза от i -го поставщика к j -му потребителю. Кроме того, известны или могут быть вычислены на основе прошлого опыта вероятности своевременной доставки груза от i -го поставщика к j -му потребителю. Необходимо составить план перевозок, позволяющий полностью удовлетворить потребности получателей, имеющий минимальную стоимость и обеспечивающий наи-

большую вероятность своевременной доставки грузов.

Оптимизационная линейная модель такого плана перевозок может быть представлена в следующем виде:

целевая функция

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n k_{ij} c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (1)$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i, \quad i = 1, \dots, m; \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1, \dots, n; \quad (3)$$

$$x_i \geq 0, \quad (4)$$

где: x_{ij} – искомые параметры (количество или масса единиц перевозимого груза от i -го поставщика к j -му потребителю); c_{ij} – затраты, связанные с перевозкой единицы груза от i -го поставщика к j -му потребителю; a_i – запасы груза у i -го поставщика; b_j – потребность j -го потребителя в данном грузе; k_{ij} – коэффициент, учитывающий вероятность своевременной доставки груза от i -го поставщика к j -му потребителю, обеспечиваемый транспортно-эксплуатационными показателями маршрута доставки (допустимая скорость движения, пропускная способность и др.).

$$k_{ij} = \frac{1}{p_{ij}}; 0 < p_{ij} < 1, \quad (5)$$

где p_{ij} – вероятность своевременной доставки груза i -го поставщика к j -му потребителю.

Ограничения (2-4) в этой модели имеют тот же физический смысл, что и в классической транспортной задаче (задаче Монжа – Канторовича) [2,3].

Решение задачи обоснования оптимального плана перевозок с учетом своевременности доставки грузов включает несколько этапов.

Первый этап предусматривает формирование матрицы $K = \|k_{ij}\|$ коэффициентов, учитывающих вероятность своевременной доставки груза от i -го поставщика к j -му потребителю. Как уже говорилось, эта величина зависит от транспортно-эксплуатационных пока-

зателей автомобильных дорог и улично-дорожной сети городов и может быть рассчитана на основе анализа статистических данных.

Второй этап состоит в определении начального опорного плана перевозок с учетом вероятности своевременной доставки груза. Нахождение опорного плана производится известными методами решения транспортной задачи (северо-западного угла, минимального элемента, потенциалов)[3].

На *третьем этапе* осуществляется проверка полученного начального опорного плана на оптимальность и, если необходимо, производится последующая оптимизация плана. В этих целях применяется известный алгоритм симплекс-метода решения задачи линейного программирования [4].

Необходимо отметить, что в условиях неопределенности сроков доставки груза оптимальным является вариант, обеспечивающий минимальное значение транспортных затрат при условии обеспечения своевременной доставки груза потребителю. Одним из его главных свойств является то, что план перевозок выбирается не только в зависимости от стоимости перевозок, но и с учетом обеспечения своевременной доставки грузов. Другим важным моментом такого решения с учетом требований надежности своевременной доставки грузов является выбор из множества возможных маршрутов доставки тех, которые являются наиболее выгодными с позиции транспортных издержек.

Изложенный подход к логистизации издержек в сфере транспортных услуг отличается от существующих методов планирования перевозок тем, что в нем учитываются факторы неопределенности времени доставки грузов от поставщика к потребителю. Это позволит сэкономить автотранспортному предприятию значительные средства при исполнении договоров и графиков перевозок в ходе оказания транспортных услуг.

В рассмотренной постановке задачи используется метод мультипликативной свертки частных показателей оптимальности плана перевозок: стоимости и надежности своевременной доставки грузов. Аналогичным критерием может выступать скорость совершения транспортной работы.

Однако, нередко встречаются ситуации, при которых требуется согласовать сразу не-

сколько целей доставки, а построение синтетического критерия методом мультипликативной свертки невозможно.

В этом случае для разработки оптимального плана перевозок при нескольких критериях можно использовать процедуры построения обобщенного (интегрального) показателя эффективности организации перевозок. При таком подходе интегральный показатель будет выступать в роли некой латентной (скрытой) переменной, формируемой частными показателями эффективности.

Для расчета интегрального критерия через последовательную композицию формирующих его частных показателей можно использовать идеи математических методов многомерного шкалирования и квалиметрии. Выражение для определения интегрального критерия будет выглядеть следующим образом

$$K_{ji}^o = \sum_{\substack{r=1 \\ n \in N}}^n a_r s_{rji} \quad (6)$$

где: K_{ji}^o – интегральный (обобщенный) показатель эффективности перевозок по транспортным коммуникациям, связывающим i -го поставщика и j -го потребителя; a_r – мера вклада r -го частного показателя эффективности перевозок по транспортным коммуникациям (вес показателя) в интегральный; N – множество показателей, определяющих эффективность перевозок по транспортным коммуникациям; s_{rji} – величина, характеризующая величину r -го показателя эффективности перевозок по транспортным коммуникациям, связывающим i -го поставщика и j -го потребителя.

Таким образом, для решения задачи необходимо определить:

- множество показателей, определяющих эффективность перевозок по транспортным коммуникациям N ;
- подмножества показателей $n \in N$, формирующих интегральный (обобщенный) показатель эффективности перевозок по видам транспортных коммуникаций;
- численные значения весов показателей a_r .

Для формирования множества показателей, определяющих интегральный (обобщенный) показатель эффективности перевозок по

транспортным коммуникациям целесообразно воспользоваться методическими рекомендациями, изложенными в [6,7,8]. Сформированная совокупность показателей упорядочивается путем приписывания порядкового номера r ($r = 1, \dots, N$) каждому показателю.

На следующем этапе определяются подмножества показателей безопасности $n \in N$. Результаты проделанной работы оформляются в виде матрицы $S = \|s_{rji}\|$, каждый элемент которой означает наличие или отсутствие и величину s_{rji} ($s_{rji} \in N$) и не равен "0", если $s_{rji} \in N$, "0" - в противном случае.

Для определения меры "вклада" каждого показателя в величину K_{ji}^o необходимо произвести расчет весов показателей. В настоящее время методы расчета весовых коэффициентов широко освещены в литературе. Теоретические подходы к решению этой проблемы изложены в [9,10], а многообразные пути практического решения приведены в работах [10,11,12]. С целью повышения точности вычислений для расчета весов признаков целесообразно использовать метод расстановки приоритетов [13, 14], который за определенное количество итераций позволяет получить устойчивую матрицу – вектор-столбец $A = \|a_r\|$.

Чтобы решить «проблему размерности» показателей в формулу для вычисления K_{ji}^o включают не абсолютные значения s_{rji} , а их нормированные значения s_{rji}^h , рассчитываемые по формуле

$$s_{rji}^h = \frac{s_{rji}^\phi}{s_{rji}^\varepsilon} \quad (7)$$

где s_{rji}^ϕ и s_{rji}^ε – соответственно, фактические и требуемые (эталонные) значения r -х показателей эффективности перевозок по транспортным коммуникациям, связывающим i -го поставщика и j -го потребителя.

Однако ввиду противоречивости целей обеспечения эффективности перевозок по транспортным коммуникациям интегральный критерий должен учитывать ситуации, когда значения одних показателей стремятся к максимуму, а других к минимуму.

Разбив подмножество группы показателей ($n \in N$), стремящихся к максимуму и минимуму можно привести зависимость (6) к более универсальному виду

$$K_{ji}^o = \sum_{\substack{r=1 \\ m \in N}}^m a_r s_{rji} + \sum_{\substack{r=m \\ l \in N}}^l a_r \frac{1}{s_{rji}} \rightarrow \max. \quad (8)$$

В этой зависимости первое слагаемое определяет сумму произведений «весов» на значения показателей, стремящихся к максимуму, а второе – к минимуму.

Обоснование способа расчета интегрального (обобщенного) показателя эффективности перевозок по транспортным коммуникациям позволяет расширить область применения классической транспортной задачи, а уравнение целевой функции линейной оптимизационной модели (1-4) представить в виде

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (K_{ji}^o)^{-1} c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min. \quad (9)$$

Выводы

Вполне очевидно, что решение задачи разработки оптимального плана перевозок в данном случае будет не в полной мере соответствовать их реальной стоимости. Однако значение интегрального критерия, характеризующего степень приближения состояния транспортных коммуникаций к идеальному (эталонному или требуемому) состоянию, позволяет хотя бы приближенно судить о дополнительных издержках из-за ненадлежащего уровня транспортно-эксплуатационного состояния транспортной сети и организации движения. Вместе с тем, предложенный подход может стать средством для разработки планов перевозок с учетом не одного, а сразу нескольких критериев. Помимо этого, появляется возможность оптимизации планирования не только самих перевозок, но и определения комплекса мероприятий по развитию транспортной инфраструктуры экономики с учетом размещения и производственных мощностей транспортно-логистических объектов с одной стороны и развитости сети транспортных коммуникаций и потребностей в товарах и услугах – с другой. В целях уточнения и дальнейшего развития предлагаемого подхода необходимо разработать способы оптимизации перевозок и развития сети транспортных коммуникаций с учетом

стохастических и динамических факторов, неопределенности значений коэффициентов целевой функции и ограничений классических задач транспортного типа.

Литература

1. Коньшин Д.В., Ситников В.М., Мачинский В.В. Метод потенциалов при решении транспортной задачи // Научно-практический журнал Национальные приоритеты России // серия 1 «Наука и военная безопасность». 2016. №4 (7). С 65-72.
2. Kantorovich L. On the translocation of masses // С. R. (Doklady) Acad. Sci. URSS (N. S.), 37:199-201, 1942.
3. Таха Х.А. Введение в исследование операций. Учебник. - 7-е издание. — М.: Вильямс, 2005. — 912 с.
4. Данциг Дж. Линейное программирование, его применения и обобщения. - М.: Прогресс, 1966.
5. М.Р. Якимов, Ю.А. Попов Транспортное планирование: Практические рекомендации по созданию транспортных моделей городов в программном комплексе PTV Vision® VISIM — М. : Логос, 2014. — С. 200.
6. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. Учебник.— М.: Транспорт, 1977. — 303 с.
7. Сильянов В.В., Домке Э.Р. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц. Учебник для студ. вузов. - 2-е изд., стер. - М.: Академия, 2008. - 352 с.
8. Ермошин Н.А., Болгаров Н.И., Федоров О.В. Логистический подход к использованию видов транспорта. Монография.- М.: КНОРУС, 2014.- 192 с.
9. Чумаков Н.М., Серебряный Е.И. Оценка эффективности сложных технических устройств. - М.: Сов. радио, 1980.- 192 с.
10. Николаев В.И., Брук В.М. Системотехника: методы и приложения. -Л.:Машиностроение, 1985. — 199 с.
11. Зак Ю.А. Прикладные задачи многокритериальной оптимизации. М.: Экономика, 2014. 455 с.
12. Ногин В.Д. Линейная свертка в многокритериальной оптимизации // Искусственный интеллект и принятие решений. 2014. № 4. С. 73 - 82.
13. Блюмберг В.А., Глущенко В.Ф. Какое решение лучше? Метод расстановки приоритетов. - Л.: Лен-издат, 1982. -160 с.
14. Лазарев Ю.Г. Технология транспортных процессов. / Ю. Г. Лазарев, Е.Б. Сеницына, С.В. Уголков // Учебное пособие / Санкт-Петербург, 2016. 56 с.

ЗАЛОГ УСПЕХА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ МЕДИЦИНСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ОТРАСЛИ

Е.А. Коричева¹

*ГБОУ Московской области «Технологический университет»,
141070 Московская область, г. Королев, ул. Гагарина, д.42*

Среди высокотехнологичных и наукоемких отраслей промышленности медицинское приборостроение является одной из наиболее перспективных, которая может стать основой развития экономики России. Средством устойчивого развития предприятий медицинского приборостроения является оптимизация организационной структуры отрасли. Автором в качестве примера оптимизации организационной структуры отрасли медицинского приборостроения, предлагается создание «Центра развития медицинского приборостроения». Роль данного центра координировать работу предприятий медицинского приборостроения, основанную на потребностях лечебных учреждений.

Ключевые слова: Организационная структура, оптимизация организационной структуры, устойчивое развитие, медицинское приборостроение.

KEY TO SUCCESS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT INDUSTRY MEDICAL INSTRUMENT OPTIMIZATION OF THE ORGANIZATIONAL STRUCTURE OF THE INDUSTRY

E. A. Koricheva,

State budgetary educational institution of higher professional education Moscow region "University of Technology", 140070, the city Korolev, Moscow region

Among the high-tech and knowledge-intensive industries medical devices is one of the most promising, which could become the basis for the development of Russian economy. The means of sustainable development of medical equipment enterprises is to optimize the organizational structure of the industry. The author as an example of optimizing the organizational structure of the medical equipment industry, proposed the creation of "Medical Instrument Development Center." The role of this center to coordinate the work of the enterprises of medical equipment based on the needs of hospitals.

Keywords: organizational structure, optimization of the organizational structure, sustainable development, medical devices.

Оптимизация организационной структуры является значимым механизмом повышения эффективности функционирования предприятий. Поскольку понятие «организационная структура предприятия» тесно связано с элементами, функциями и целями предприятия, а также процессом управления, распределением полномочий и работой персонала. Проектирование организационной структуры позволяет обеспечивать своевременное и эффективное протекание процессов управленческой системы.

Вопросам оптимизации организационной структуры устойчивого развития различных экономических систем в настоящее время уделяется повышенное внимание. В частности, теоретическим основам и практическим аспектам формирования и использования механизмов проектирования организационных структур предприятия, среди них Дж. К. Лафта [2,3], М. Х. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури [5]. Однако эти вопросы так и не решены до конца.

В исследованиях данных авторов рассматриваются в основном общие концептуальные подходы к проектированию организационной структуры, в то время как направления оптимизации затронуты поверхностно. Поэтому требуется дальнейшее изучение рассматриваемой проблемы.

Для обоснования этапов оптимизации организационной структуры устойчивого развития промышленной отрасли необходимо: рассмотреть сущность понятия «организационная структура отрасли», «структура устойчивого развития», «оптимизация организационной структуры устойчивого развития»; сформулировать требования, предъявляемые к организационным структурам; выявить принципы необходимости оптимизации организационных структур.

Исследование проблемы устойчивого развития организации обусловлено:

¹Коричева Елена Андреевна – аспирант ГБОУ ВПО "Технологического университета Московской области", тел.: +7 981 836 35 75, e-mail: ele1683@yandex.ru

во-первых, стремлением хозяйствующих субъектов к эффективному функционированию, организационному развитию и получению максимального эффекта при наименьших затратах;

во-вторых, с желанием предотвратить негативное влияние внешних факторов или адаптироваться к новым условиям внешней среды;

в-третьих, ограниченностью экономических ресурсов. Данные причины вынуждают менеджеров создавать новые и адаптировать существующие механизмы оптимизации устойчивости развития отрасли.

В экономической литературе существует множество трактовок понятия «организационная структура», что отражает многозначность и сложность данного понятия. Так И. И. Мазур и В. Д. Шапиро, определяют термин «организационная структура» как распределение прав, полномочий и ответственности, структур подразделений и отдельных людей; как: «иерархию подчинения и связи структурных единиц, которые осуществляют бизнес-процессы» [4, с.249-250].

По мнению В. П. Белогурова [1] «организационная структура - схема взаимодействия должностей, функций и подчиненностей».

С. В. Смирнов отмечает абстрактный характер термина, определяет «организационную структуру» как: «...состав должностей и организационных единиц (подразделений) в организации, их сопряженность и взаимосвязанность, влияющие на мотивы индивидуального и группового поведения» [6, с.39].

Таким образом, организационная структура отрасли – это система звеньев отрасли и связей между ними, определяющая порядок ее функционирования. Формирование организационной структуры основывается на бизнес-процессах предприятий отрасли, от правильности и рациональности организационной структуры зависит эффективность бизнес-процессов. Организационная структура обуславливает способность быстрого достижения целей отрасли, влияет на уровень организационной эффективности.

Ключевыми понятиями, определяющими организационные структуры, являются звенья, связи, уровни и полномочия [2]. Между ними существуют сложные взаимозависимости: изменение любого элемента организационной структуры вызывает необходимость пересмотра остальных. Так, увеличение числа звеньев и уровней в организационной структуре приводит к значительному усложнению связей, которые возникают в процессе принятия управленческих решений. Как правило, следствием этого является замедление процесса управления и

снижение эффективности функционирования организации.

В дальнейших исследованиях автором используется новое понятие структура устойчивого развития системы, которое следует понимать как совокупность связей между успешным функционированием системы и изменениями внешних социально-экономических условий, при ограниченных ресурсах.

Оптимизация организационной структуры устойчивого развития любой системы, базируется на основополагающих началах, т.е. на принципах проектирования организационных структур. Анализ научной литературы позволил сформулировать совокупность требований к проектированию оптимизации организационной структуры устойчивого развития [1,2,3,4]:

1) необходим учет многоаспектности факторов влияющих на систему (отрасль или предприятие);

2) необходим учет принципов устойчивого развития системы;

3) тип организационной структуры должен определять объемы полномочий и принятия решений;

4) необходим учет принципов экономичности;

5) необходимо четкое прописывание обязанностей, процессов и информационного оборота структуры, т. е. каждый работник должен четко знать, где он находится, куда обращаться за информацией, помощью или решением;

6) при оптимизации организационной структуры необходимо разрабатывать мероприятия способствующие процессу рационального принятия решений, а также контролю, самоконтролю и мотивации;

7) необходимо учитывать возможность изменений внешних условий и разрабатывать механизмы реагирования на эти изменения и самообновления структуры;

8) необходимо доступное описание целей (задач) и в целом миссии организации;

9) необходимо способствовать созданию корпоративного духа.

Успешное функционирование организационной структуры отрасли во многом определяется ее социально-культурной средой, оказывающей существенное влияние на решения относительно распределения полномочий и ответственности, степени самостоятельности и масштабов контроля руководителей и менеджеров. Нередко копирование организационной структуры успешно функционирующих предприятий и отраслей в других социально-культурных условиях, не приносили желаемого результата.

Причины низкой эффективности организационных структур большинства предприятий:

- 1) неудовлетворительная информационная политика предприятия;
- 2) нечеткость понимания менеджерами компаний управленческих функций;
- 3) недооценка понимания важности принципов устойчивого развития предприятия, вызывает перекосы в сторону одной из составляющих устойчивого развития
- 4) дублирование полномочий и ответственности руководителей различных подразделений;
- 5) отсутствие делегирования полномочий;
- 6) отсутствие «элемента управления изменениями», который производил бы оценку внешнего окружения, анализировал процессы, протекающие в результате деятельности данного предприятия, и ориентировал бы предприятие на проведение соответствующих изменений.

Для устранения этих причин необходимо разработать программу оптимизации организационной структуры устойчивого развития. Дж.Лафта[3] рассматривает оптимизацию организационной структуры как «изменение структуры предприятия, процессов его взаимодействий с рынком и внутренних взаимодействий в состоянии, способствующее максимально эффективному достижению целей предприятия».

Необходимость оптимизации организационной структуры устойчивого развития системы любого уровня наступает:

- при изменении целей и стратегий системы;
- если система достигла определенных этапов развития и существующая структура сдерживает рост;
- при значительных изменениях рыночной ситуации.

Сейчас на внутреннем рынке медицинских изделий 77% медицинских изделий импортного производства. Причинами данной ситуации является:

- 1) Высокий уровень конкурентоспособности со стороны крупных иностранных компаний производящих медицинскую технику;
- 2) Низкий уровень конкурентоспособности со стороны российских компаний производящих медицинскую технику;
- 3) Низкая степень кооперации и интеграции со стороны российских компаний;
- 4) Низкий уровень качества продукции, допродажного, гарантийного и послепродажного обслуживания;
- 5) Высокий уровень популярности иностранных компаний и раскрученность брендов;
- 6) Недостаток агрессивной рекламы со стороны российских компаний;

7) Недостаточное понимание руководителями лечебных учреждений технических особенностей и отличий медицинского оборудования и комплексов;

8) Недостаточное взаимодействие между российскими производителями медицинской техники и руководителями медицинских учреждений.

Преодолеть сложившуюся ситуацию на российском рынке медицинских изделий, стать основой устойчивого развития отрасли медицинского приборостроения, а также инновационного развития региона поможет оптимизация организационной структуры отрасли предприятий медицинского приборостроения.

Принципы оптимизация организационной структуры устойчивого развития системы [4]:

1. Гибкое реагирование на изменения рынка,
2. Обеспечение повышения эффективности системы,
3. Необходим учет совокупности экономических, социальных и экологических составляющих системы,
4. Оптимизация уровня децентрализации управленческих решений,
5. Четкое разграничение функций и фиксированное закрепление их за структурными подразделениями предприятия,
6. Необходимо персонифицировать ответственность выполнение каждой функции, осуществляемой на предприятии.
7. Необходимо зафиксировать новые положения (изменения) в штатном расписании и положениях о структурных подразделениях предприятия.

Часто оптимизация организационной структуры затрагивает лишь часть элементов систем. Например, если изменениям подвергаются большинство функциональных систем, то речь идет о реструктуризации[4]. С другой стороны при составлении программы внедрения оптимизации организационной структуры необходимо учитывать, что проведение непрерывных изменений приносит меньший эффект, чем частные порционные изменения[3]. Это обусловлено информационными перегрузками при непрерывных изменениях и отсутствием времени на адаптацию.

Значимым элементами оптимизации организационной структуры устойчивого развития является диагностика функционирования предприятия и анализ существующей организационной структуры. Анализ организационной структуры системы подразумевает исследование существующих организационно-структурных единиц и их взаимосвязей[3]. Источниками информации могут выступать организационная документация, наблюдения, ин-

тервью, анкетирование. Диагностика функционирования предприятия включает изучение внутренней информации, интервьюирование сотрудников, аттестацию рабочих мест и условий труда. К внутренней информации относят: штатное расписание; положение о структурных подразделениях и должностных обязанностях; приказы и распоряжения; внутренний регламент (распорядка) деятельности; документация, регламентирующая управленческие процессы (стандарты, информационные схемы и пр.).

Автор предлагает выделять следующие этапы в процессе оптимизации организационной структуры устойчивого развития системы (рис. 1):

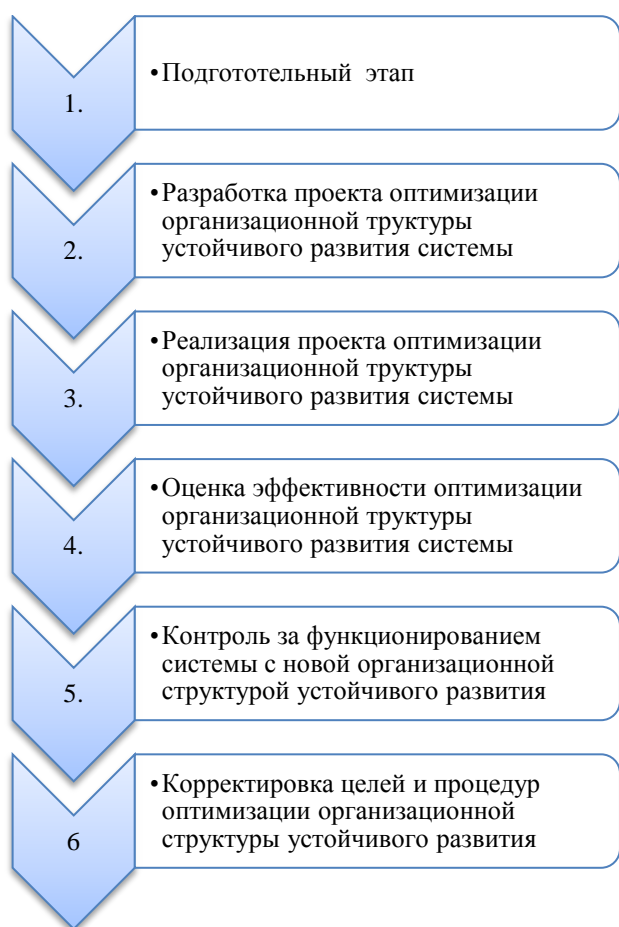


Рисунок 1 – Процесс оптимизации организационной структуры устойчивого развития системы

Содержание каждого этапа процесса оптимизации организационной структуры устойчивого развития системы представлено в таблице 1.

С точки зрения эффективности устойчивого развития системы, оптимизация организационной структуры сначала снижает ее, а лишь затем повышает.

Таблица 1 Этапы оптимизации организационной структуры устойчивого развития системы

Этап	Содержание
1.Подготовительный этап	1.1.Определение целей оптимизации организационной структуры. 1.2.Формирование группы по разработке и реализации проекта оптимизации организационной структуры. 1.3.Проведение комплексной организационно-управленческой диагностики системы 1.4.Выявление недостатков существующей организационной структуры устойчивого развития системы
2.Разработка проекта оптимизации организационной структуры устойчивого развития	2.1.Определение возможных путей устранения недостатков организационной структуры устойчивого развития системы. 2.2.Определение сроков проведения оптимизации организационной структуры устойчивого развития системы. 2.3.Формирование общей структурной схемы аппарата управления. 2.4.Разработка состава основных подразделений и связей между ними. 2.5.Регламентация организационной структуры устойчивого развития системы 2.6.Разработка календарного графика реализации проекта оптимизации организационной структуры устойчивого развития системы. 2.7.Расчет затрат на реализацию проекта. 2.8.Утверждение проекта оптимизации организационной структуры устойчивого развития и соответствующих документов.
3.Реализация проекта оптимизации организационной структуры устойчивого развития	3.1.Внедрение преобразований организационной структуры устойчивого развития системы 3.2.Обучение и/или повышение квалификации персонала предприятия. 3.3.Проведение семинаров по внедрению преобразований. 3.4.Доведение утвержденных документов до сведения персонала. 3.5.Проверка исполнения
4.Оценка эффективности оптимизации организационной структуры устойчивого развития	4.1.Определение степени соответствия достигнутых результатов поставленным целям. 4.2.Определение степени соответствия процесса устойчивого развития системы объективным требованиям к его содержанию, организации и результатам.

5. Контроль за устойчивым развитием системы с новой организационной структурой	5.1. Контроль за исполнением принятой документации по новой организационной структуре. 5.2. Контроль эффективности устойчивого развития системы.
6. Корректировка целей и процедур оптимизации организационной структуры устойчивого развития	6.1. Определение новых целей оптимизации организационной структуры 6.2. Выполнение 1-5 оптимизации организационной структуры устойчивого развития системы

По истечению времени после оптимизации организационной структуры устойчивого развития может произойти возврат к старым методам работы и взаимодействиям. Если величина такого возврата к старым методам работы незначительна, то это является свидетельством успеха проведенной оптимизации. Значительная величина возврата свидетельствует о неудачной оптимизации и может привести к потере доверия со стороны персонала.

Необходимо отметить, что процесс оптимизации организационной структуры значительно отличается от режима нормального функционирования системы. Это связано с тем, что нововведения всегда вызывают сопротивление со стороны сотрудников данной системы.

В ходе разработке программы внедрения изменений необходимо в большей степени ориентироваться на конкретную ситуацию, чем на классические методы и методики управления.

Таким образом, на основании вышеизложенного был сделан вывод, что оптимизацию организационной структуры устойчивого развития системы можно определить как приведение структуры системы любого уровня, ее взаимодействий с рынком и внутренних взаимодействий в состояние, способствующее максимально эффективному достижению целей экономических, социальных и экологических сфер этой системы в рамках принятых стратегий. Необходимость в структурных изменениях системы возникает при существенных изменениях рыночной ситуации, изменении целей и корректировке стратегий, достижении системы определенных этапов развития, когда существующая структура сдерживает рост.

Процесс оптимизации организационной структуры устойчивого развития системы включает в себя: подготовительный этап, разработку проекта оптимизации организационной структуры предприятия, реализацию проекта

оптимизации организационной структуры, оценку эффективности оптимизации организационной структуры, контроль за функционированием системы с новой организационной структурой и корректировку целей и процедур оптимизации организационной структуры устойчивого развития.

Оптимизация организационной структуры устойчивого развития системы в современном понимании означает улучшение структуры устойчивого развития предприятий экономических отраслей России. Учитывая тот факт, что российский рынок медицинских изделий является одним из самых значительных и динамично развивающихся в мире, а доля российских компаний на внутреннем рынке незначительна, необходимо оптимизацию организационной структуры устойчивого развития направить на отрасль медицинского приборостроения.

В связи с тем, что в сложившихся рыночных условиях российское медицинское приборостроение достигло определенных этапов развития и находится на стадии стагнации, возникает необходимость в структурных изменениях системы. Оптимизация организационной структуры устойчивого развития отрасли медицинского приборостроения должна основываться на взаимодействии между компаниями производителями и лечебными учреждениями, на интеграции и кооперировании между ними.

В качестве примера оптимизации организационной структуры отрасли медицинского приборостроения, нами предлагается создание «Центра развития медицинского приборостроения» (ЦРМП). ЦРМП представляет собой объединение, выступающее посредником между предприятиями медицинского приборостроения и лечебными учреждениями. В результате взаимовыгодного сотрудничества предприятий медицинского приборостроения и лечебных учреждений произойдет модернизация последних и формирование внутреннего спроса на продукцию медицинского приборостроения. Оптимизация организационной структуры отрасли медицинского приборостроения позволит не только удовлетворить нужды и потребности лечебных учреждений в медицинском оборудовании, но и позволит предприятиям увеличить объемы, номенклатуру и ассортимент выпускаемой отечественной медицинской техники, что в свою очередь обеспечит стабильность и рост отрасли. Развитие отрасли медицинского приборостроения благотворно отразится на показателях модернизации экономики России, позволит сократить технический разрыв со странами

лидерами и улучшить качество отечественного здравоохранения.

Литература

1. Белогуров В.П. Основы управления: Учеб. пособ. - Харьков: Консум, 2003. - 462 с.
2. . Лафта, Дж.К. Эффективность менеджмента организации// - М.: Русская Деловая Литература. - 1999. - 320 с.
3. Лафта Дж.К. Теория организации// - М.: ТК Велби, Изд-во Проспект. - 2006. - 416 с.
4. Мазур И.И., Шапиро В.Д. Реструктуризация предприятий и компаний: Учеб. пособ. для вузов// - М.: ЗАО «Издательство «Экономика». - 2001. - 456с.
5. Мескон М.Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента. - М.: Дело, 1993. - 702с.
6. Смирнов С.В., Мурашова Е.П. Организационное поведение: Учеб. пособ. - М.: МГИУ, 1999. - 67 с.
7. Веселовский, М. Я. Обеспечение устойчивого развития промышленных предприятий в условиях экономической нестабильности// МИР (Модернизация, Инновации, Развитие). -2015. - Т.6 3(23). - С.124-130.
8. Коричева, Е.А. Российское медицинское приборостроение//Технико-технологические проблемы

сервиса: научно-технический журнал. - 2015. - №4(34). - С.83-87.

9. Коричева, Е.А. Создание центра развития медицинского приборостроения, как фактор, обеспечивающий устойчивость развития данной отрасли//Журнал правовых и экономических исследований. - 2015. -№4. - С.102-106.
10. Коричева, Е.А. Стимулирование инноваций как основа формирования конкурентных стратегий предприятий медицинского приборостроения//Технико-технологические проблемы сервиса. - 2015. -№3(33). - С.63-69.
11. Федотов, А.В. Определяющие факторы инновационного развития промышленных предприятий// Управление экономическими системами: электронный научный журнал. - 2014. -№ 2 (62). - С. 31-35.
12. Veselovsky M.Y., Kirova I.V., Reznikova A.V., Rybchichuk O.A. Main lines of innovative management in the Moscow Region// Life Science Journal. - 2014. -Vol. 11. -N. 12. -P. 252-254.
13. Медпром 2020.Актуальная отраслевая информация. Развитие медицинской промышленности. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.medprom2020.ru> (дата обращения: 6.11.2015).

УДК 614.8

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А.Л. Пастухов¹, Ю.Н. Власов²

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

Обеспечение безопасности жизнедеятельности является результатом изменений, характерных для человеческой деятельности. Управление безопасностью обретает статус движущей силы позитивных социально-экономических преобразований и инструмента обеспечения развития экономики.

Ключевые слова: безопасность, жизнедеятельность человека, техника, технологии, управление знаниями

THE METHODOLOGICAL ASPECTS OF ENSURING LIFE SAFETY

A. L. Pastukhov, Yu. N. Vlasov
*Sankt Petersburg State University of Economics (SPbGEU),
191023, St. Petersburg, Sadovaya, 21*

Providing safety of life is the result of changes, peculiar to human activity. Security management status of positive social-economic transformations driving force and instrument of economy development.

Keywords: safety, human life, technology, technology, knowledge management

В условиях развития современной экономики, науки и научно-технического прогресса вопросы обеспечения безопасности жизне-

деятельности становятся все более важными в связи с:

¹Пастухов Александр Львович – кандидат философских наук, доцент, кафедры Машины и оборудование бытового и жилищно-коммунального назначения СПбГЭУ, тел.: +7(911) 188 49 42, e-mail: alpast@yandex.ru.

²Власов Юрий Николаевич – кандидат технических наук старший преподаватель кафедры Машины и оборудование бытового и жилищно-коммунального назначения СПбГЭУ, e-mail: Stoubt@mail.ru.

- глобализацией социальных отношений и ростом глобальных опасностей;
- усложнением техники и технологий, превышающей изменения сознания и физиологических возможностей человека;
- усилением вредного воздействия результатов деятельности человечества на отдельного человеческого индивида и окружающую среду (изменение условий окружающей среды);
- повышением межличностной, межсоциальной и межвидовой конкуренции за обладание и использование материальных благ.

Опубликованные за последнее время в России и за рубежом результаты научных исследований можно сгруппировать по следующим направлениям:

1. Обеспечение безопасности в процессе трудовой деятельности человека, связанное с экономикой труда.
2. Обеспечение безопасности в процессе хозяйственной деятельности человека, включая его взаимодействие с природой и окружающими людьми.
3. Управление рисками на макро, мезо, микро уровнях управления организациями и процессами.
4. Обеспечение национальной и социокультурной стабильности жизнедеятельности человека в условиях глобализации.
5. Обеспечение безопасности на дорогах и в местах эксплуатации транспортных средств.
6. Организация работ по совершенствованию техники и технологий.
7. Сохранение физического и психического здоровья человека, включая обеспечение условий безопасного психического состояния человека, стабильности его эмоционального состояния и интеллектуальных способностей.

В этой связи, представляется необходимым более четко подходить к структуризации информации в сфере безопасности жизнедеятельности и формировать на разных уровнях базы данных и знаний соответствующей направленности.

При этом следует отметить, что обеспечение безопасности трудовой и хозяйственной деятельности человека, несомненно, способствует стабилизации и устойчивому развитию экономики, социально-экономических процессов.

В контексте развития системы управления знаниями на национальном и корпоративном уровнях представляется необходимым учитывать наибольшее число опасностей, способных вызвать негативные воздействия на человека и окружающую природную среду, выявлять источники опасностей и принимать меры к снижению рисков реализации опасностей.

В принципе, источником опасности могут быть все системы, имеющие энергию, химически или биологически активные компоненты, а также характеристики, не соответствующие условиям жизнедеятельности человека (температура, влажность и др.) [2].

При этом любая опасность имеет потенциальный характер, который измеряется степенью опасности и вероятностью оказания негативного воздействия на человека или социальную группу. Актуализация, или реализация опасностей происходит при определенных условиях, именуемых причинами, а проявления их воздействия - последствиями. Для человека опасность реализуется в виде травмы, заболевания, смерти.

Рассматривая признаки опасности можно применить следующую классификацию по степени и характеру воздействия:

1. Угроза для жизни.
2. Угроза нанесения явного ущерба здоровью.
3. Возможность воздействия на человека, приводящего к нарушению условий нормального функционирования органов и систем человека.
4. Возможность воздействия на сознание и психику человека, приводящего к совершению им осознанных или неосознанных действий, приводящих к нарушению условий нормального функционирования органов и систем его организма, нанесения ущерба здоровью и смерти.

Соответственно, источники формирования опасностей для человека и социальной группы могут быть сгруппированы и классифицированы следующим образом:

1. Человек как сложная система «организм - личность», в которой неблагоприятная для здоровья человека наследственность, шаблоны поведения, навязчивые психические состояния или идеи, неспособность или нежелание контролировать свое поведение могут стать источником опасности не только для самого человека, но и для окружающих его людей.

2. Элементы среды обитания, которыми для любой деятельности являются: предметы, средства и продукты труда, используемая энергия, климатические условия жизни (температура, влажность и скорость движения воздуха), животный и растительный мир, коллектив людей, отдельный человек «человек – окружающий мир».

3. Элементы среды обитания, которые человек использует в процессе своей трудовой деятельности: орудия труда (техника), природные и искусственные вещества, материалы, а также микроклиматические условия труда (человек – техническая система).

4. Проявления человека в процессе его взаимодействия с окружающими людьми (проявление чувств, эмоций, психические реакции, движения, невербальные компоненты речи), оказывающие прямое и косвенное воздействие на других людей, их психику и организм («человек-человек»).

При этом следует отметить, что потенциальный характер опасностей проявляется в том, что для человека опасность может реализоваться в случае его непосредственного взаимодействия с объектом опасности: нахождение в зоне действия шума, вибраций, асоциальных групп, движения транспорта.

Таким образом, в результате анализа различных научных трудов и публикаций, связанных с безопасностью жизнедеятельности дефиниция «безопасность» предполагает не только отсутствие причин возникновения опасности, но и объектов, которые могут быть ее источниками, то есть «безопасность» - это состояние защищенности человека, общества от опасностей различного происхождения.

В контексте трудовой деятельности понятие безопасности можно понимать как характер деятельности, при котором с определенной вероятностью исключается возможность реализации потенциальных опасностей, т.е. причинение вреда человеку и окружающим его людям. При этом следует отметить, что в процессе своей трудовой деятельности человек сам может создавать условия, становящиеся причинами возникновения опасностей для него самого и окружающих, то есть параметры технической системы не являются неизменными и система может приводиться как в безопасное, так и в опасное состояние. В этом случае можно говорить о безопасности как о свойстве системы сохранять при функционировании в определенных условиях состояние, при котором с заданной вероятностью исключаются неблагоприятные воздействия и человека, окружающую среду и других людей [2].

Определенное понимание дефиниции «безопасность» предполагает соответствующие принципы, реализацию которых необходимо обеспечивать для создания безопасных условий существования человека и их поддержания.

В контексте вышеизложенного, принципы обеспечения безопасности жизнедеятельности можно классифицировать следующим образом:

2.1. Принципы, создающие направление поисков решений в области безопасности (принцип системного подхода, профессионального отбора, принцип нормирования негативных воздействий и т. п.):

1. Принцип системности состоит в том, что любое явление, действие, объект рассматрива-

ется как элемент системы, имеющий соответствующие связи с элементами системы и находящийся под воздействием данной системы.

2. Принцип деструкции, который заключается в том, что система, приводящая к опасному результату, разрушается за счет исключения из нее одного или нескольких элементов без нарушения основных параметров ее функционирования.

3. Принцип снижения опасности, который предполагает использование решений, направленных в целом на повышение безопасности (обеспечение комплексной безопасности).

4. Принцип ликвидации опасности, который состоит в устранении опасных и вредных факторов, что достигается в трудовой деятельности изменением технологий, заменой опасных веществ безопасными, применением более безопасного оборудования, совершенствованием научной организации труда и другими средствами [3].

2.2. Управленческие (принципы контроля, стимулирования деятельности, направленной на повышение безопасности, ответственности, обратных связей и др), применяемые, прежде всего в управлении трудовой деятельностью: 1. Принцип плановости означает установление на определенные периоды направлений и количественных показателей деятельности, предполагающий нормирование возможности возникновения неблагоприятных воздействия на организм человека, окружающих людей и природную среду.

2. Принцип стимулирования предполагает учет количества и качества затраченного труда и полученных результатов при распределении материальных благ и моральном поощрении, повышающий стремление человека к обеспечению большей безопасности себя и окружающих.

3. Принцип компенсации состоит в предоставлении различного рода льгот с целью восстановления нарушенного равновесия психических и психофизиологических процессов или предупреждения нежелательных изменений в состоянии здоровья.

4. Принцип эффективности состоит в сопоставлении фактических результатов с плановыми и оценке достигнутых показателей по критериям затрат и выгод. В области безопасности различают социальную, инженерно-техническую и экономическую эффективность [3].

2.3. Организационные (регламент времени воздействия и нахождения человека в определенной среде, принцип рациональной организации труда, рациональных режимов работы, организация санитарно-защитных зон и др.):

1. Принцип защиты временем предполагает сокращение до безопасных значений длительности нахождения людей в условиях воздействия опасности.

2. Принцип нормирования состоит в регламентации условий, соблюдение которых обеспечивает заданный уровень безопасности. Как правило, это регламентируется нормативно-правовыми актами государственного или корпоративного уровня.

Сюда относится нормирование оптимальных и допустимых значений температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха для различных условий деятельности.

Например, для шумов устанавливаются допустимые уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц, а также уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА. Вибрация нормируется по уровням в октавных полосах со среднегеометрическими частотами от 1 до 2000 Гц. Различают при этом локальную и общую вибрации для различных условий.

3. Принцип несовместимости заключается в пространственном и временном разделении объектов реального мира (веществ, материалов, оборудования, помещений, людей), основанном на учете природы их взаимодействия с позиций безопасности.

В целях повышения взрывопожаробезопасности и улучшения санитарного состояния при разработке генеральных планов предприятий применяется зонирование территории. Сущность зонирования заключается в территориальном объединении в группы (зоны) различных объектов, входящих в состав предприятия по признаку технологической связи и характеру присущих им опасностей и вредностей. При этом, выделяют следующие зоны: производскую, подсобную, складскую, сырьевую и товарных емкостей.

4. Принцип эргономичности состоит в том, что для обеспечения безопасности учитываются антропометрические, психофизические и психологические свойства человека. Антропометрические требования сводятся к учету размеров и позы человека при проектировании оборудования, рабочих мест, мебели, одежды, СИЗ и др [3].

2.4 Технические (использование конкретных технических решений для повышения безопасности, обеспечивающих снижение количественных характеристик негативных воздействий, например, интенсивности шума или негативно-го фактора в источнике за счет проектирования более совершенных, экологичных технических устройств и т.п.):

1. Принцип защиты расстоянием заключается в установлении такого расстояния между человеком и источником опасности, при котором обеспечивается заданный уровень безопасности.

Чтобы избежать распространения пожара, здания, сооружения и другие объекты располагают на определенном расстоянии друг от друга. Эти расстояния называют противопожарными разрывами.

Для защиты жилых застроек от вредных и неприятно пахнущих веществ, повышенных уровней шума, вибраций, ультразвука, электромагнитных волн радиочастот, статического электричества, ионизирующих излучений предусматриваются санитарно-защитные зоны.

2. Принцип прочности состоит в том, что в целях повышения уровня безопасности усиливают способность материалов, конструкций и их элементов сопротивляться разрушениям и остаточным деформациям от механических воздействий.

3. Принцип слабого звена состоит в применении в целях безопасности ослабленных элементов конструкций или специальных устройств, которые разрушаются или срабатывают при определенных предварительно рассчитанных значениях факторов, обеспечивая сохранность производственных объектов и безопасность персонала. Также сюда относится и применение плавких предохранителей в электрической цепи, размыкающих цепь при возникновении аварийного режима, предохранительных клапанов, мембран, которые в опасной ситуации сбрасывают избыточное давление.

4. Принцип экранирования состоит в том, что между источником опасности и человеком устанавливается преграда, гарантирующая защиту от опасности. При этом функция преграды состоит в том, чтобы препятствовать прохождению опасных свойств в гомосферу. Система индивидуальной защиты (СИЗ). Принцип экранирования используется в СИЗ (очки, щитки) [2; 3].

Реализация каждого вышеуказанного принципа предполагает применение определенных критериев и показателей, позволяющих оценить изменение уровня защищенности человека, оружающих людей и окружающей среды. Их можно разделить на следующие группы:

1. Нормативные, устанавливающие наличие определенных измеримых параметров воздействующих на человека процессов, явлений и предметов, позволяющие впоследствии сравнить плановые показатели и фактические.

2. Количественные, устанавливающие изменение определенных параметров воздействий на человека процессов, явлений и предме-

тов окружающей действительности и применяемых мер обеспечения безопасности.

3. Качественные, оценивающие изменение вероятности реализации определенной опасности или состояния человека, социальной или социотехнической системы в результате принятия определенных управленческих решений, технологических изменений или технических средств.

Для обеспечения условий управления системой безопасности жизнедеятельности на предприятиях необходимо в настоящее время применение системы менеджмента знаний, которая предполагает:

1. Создание базы данных и знаний об имеющихся опасностях.

2. Создание базы данных и знаний вероятности реализации опасностей (модель рисков).

3. Создание базы данных и знаний путей и методов снижения вероятности реализации определенной опасности, согласно вышеуказанному перечню и классификации опасностей.

4. Разработка математических моделей, позволяющих рассчитать изменение показателя риска реализации определенной опасности после принятия определенного управленческого решения, применения определенного технического приспособления или изменения технологии работы.

5. Принятие профессиональных стандартов с регламентацией деятельности, учитывающей вредные и опасные воздействия на человека, окружающих людей и окружающую среду.

6. Развитие системы обучения основам обеспечения безопасности жизнедеятельности и управлению безопасностью жизнедеятельности [4; 5; 6].

В контексте вышеизложенного хотелось бы обратить внимание на необходимость системного учета рисков от всех источников опасностей.

Как показали исследования для учета рисков при разработке управленческих решений целесообразно использовать методы имитационного моделирования.

Для определения рисков реализации опасностей и их учета при обосновании и выборе хозяйственных и управленческих решений в процессе производственной и хозяйственной деятельности необходимо построение соответствующей модели.

При реализации модели в виде программы формируются базы условно-постоянной информации, включающие:

- коэффициенты весомости групп причин возникновения рисков реализации опасностей;

- коэффициенты весомости причин и значимости рисков реализации опасностей;

- условные показатели рисков реализации опасностей;

- матрицу очередности выбора мер по снижению (устранению) рисков реализации опасностей;

- показатели снижения рисков при проведении мероприятий по устранению их возникновения или ликвидации последствий.

Базы переменной информации включают:

- массив информации об источниках финансирования, мероприятий по устранению причин возникновения рисков реализации опасностей или минимизации последствий реализации рисков;

- массив информации по оценке рисков реализации опасностей;

- мероприятия по снижению (устранению) и минимизации последствий возникновения рисков реализации опасностей.

Структура базы данных по определению условных показателей рисков реализации опасностей представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Структура базы данных по определению условных показателей рисков

Группа причин возникновения рисков	Причины возникновения рисков	Качественная оценка возникновения рисков по причине	Условный показатель рисков
i , где $i=1, n$	$j \in i$, где $j=2-n$	K_1 - высокая K_2 - средняя K_3 - низкая	1,0 0,4 0

На основе оценки рисков по каждой группе и базы статистических данных экспертами проводится оценка вероятности возникновения рисков по каждой причине. Если вероятность высокая, то в графах таблицы оценки рисков проставляется 1, если средняя - 2, если низкая - 3.

Соответственно, при выборе действий, управленческих решений и отдельных мероприятий учитываются, прежде всего наиболее вероятные и значимые риски реализации опасностей.

При этом для выбора мер по снижению рисков строится матрица приоритетов (табл. 2).

На основе матрицы приоритетов определяются мероприятия для снижения (устранения) причин возникновения рисков реализации опасностей по вариантам выбранной имитационной модели [76].

Таблица 2 – Матрица очередности выбора мероприятий по снижению рисков реализации опасностей

Приоритеты в очередности принятия мер	Значения коэффициентов весомости мер	Затраты на осуществление мероприятий
1	Максимальные	Минимальные
2	Средние	Достаточно большие
3	Минимальные	Максимальные

При этом каждое планируемое мероприятие снижения (устранения) причин возникновения рисков реализации опасностей и их последствий предполагает:

- определение источников и величины финансирования;
- разработку имитационной технико-технологической модели реагирования на возникновение рисковых обстоятельств;
- систему критериев и показателей достижения целевых величин вероятности возникновения, силы воздействия и минимизации последствий рисковых обстоятельств.

При этом важно в контексте прикладных решений формирования систем управления знаниями в области безопасности жизнедеятельности следует указать, что знания, которые основаны на различной информации, фактах и данных, описываются отдельной ситуацией или проблемой, которые образуют основу знаний, состоящей из представлений, точек зрения и концепций, суждений и предложений, методологий и ноу-хау. Обычно мы последовательно применяем ранее приобретенные знания для интерпретации новой информации по отдельной ситуации и для принятия управленческого решения. Также следует отметить, что управление знаниями в целом, и в вопросах управления знаниями в области безопасности жизнедеятельности, должно базироваться на четырех принципах, которые обеспечивают приращение и синергию человеческого капитала:

- 1) фундамент управления знанием состоит из того, что мы называем знанием, он используется при решении проблем и принятия решений в технологиях и процедурах, связанных с обеспечением безопасности жизнедеятельности;
- 2) необходимы постоянные исследования знаний и новых технологий в области безопасности жизнедеятельности ;
- 3) необходима оценка знаний для каждой организации и любого процесса до его начала, в период развития и после его окончания;
- 4) в контексте экономики труда необходимо активное управление знаниями в области безопасности жизнедеятельности на всем жиз-

ненном цикле организации и на всех стадиях жизненного цикла товара и инноваций [8].

По нашему мнению, именно система менеджмента знаний является тем базовым элементом управленческой культуры в составе капитала культуры, которая структурирует информационные процессы, способствует применению ноосферных технологий, обеспечивает повышение устойчивости и безопасности жизнедеятельности человека, тем самым обеспечивая прирост и синергию человеческого капитала [8].

Литература

1. Лепеш Г.В. Энергоэффективность как основа безопасности жизнедеятельности в техносфере. /Технико-технологические проблемы сервиса. 2016. №2(36). С.3-6.
2. Безопасность жизнедеятельности [электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.mepi77.com/doc/bjd.pdf> (Дата обращения 08.04.2017).
3. Принципы обеспечения безопасности: ориентирующие, технические, организационные, управленческие [электронный ресурс] // Режим доступа: <http://dinamitri494.livejournal.com/20465.html> (Дата обращения 08.04.2017).
4. Пастухов А.Л. Показатели эффективности управления знаниями в университетских комплексах / Проблемы развития экономики с сферы сервиса в регионе: материалы V Международной научно-практической конференции (21 апреля 2011 г., Сыктывкар): в 2 томах.- Том 2.- Сыктывкар: СФ СПбГУСЭ, 2011.- 351 с.
5. Пастухов А.Л. Управление знаниями/ А.Л. Пастухов. - СПб.: Изд-во СПбГУСЭ, 2011.-186 с.
6. Пастухов А.Л. Экономические и правовые аспекты экологии и ресурсосбережения // Основной ресурс, потенциал и перспективы развития экологического образования на Южном Урале: материалы областных слушаний, посвященных вопросам экологического образования Челябинской области. Челябинск, Цицеро, 2007.- С. 53-54
7. Пастухов А.Л. Методы анализа рисков и управления ими в системе стратегического развития регионов / А.Л.Пастухов, Г.Д. Дроздов // Социально-экономическое развитие регионов: тенденции, оценка, эффективность: колл. монография / Циганов В.В. [и др.]; под науч. ред д.э.н., проф. Циганова В.В. – Гатчина. Изд.: ГИЭФПТ, 2016. – С. 170-178
8. Пастухов А.Л. Управление знаниями в системе формирования человеческого капитала /Технико-технологические проблемы сервиса. 2016. №1(35). С.62-66

РАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ И СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ СТРАТЕГИИ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА

О. Д. Угольников¹

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

В статье рассмотрены вопросы разработки и реализации проектов государственно-частного партнерства на современном этапе экономического развития РФ. Выполнен анализ типов проектов, заявленных к реализации на примере СЗФО и относящихся к инженерной и социальной инфраструктуре. Приведены аргументы, подтверждающие необходимость разработки стратегии развития ГЧП ввиду особой роли этого инструмента для инвестирования инфраструктурных проектов.

Ключевые слова: государственно-частное партнерство, инвестиции, типы проектов, инженерная инфраструктура, социальная инфраструктура.

THE DEVELOPMENT OF ENGINEERING AND SOCIAL INFRASTRUCTURE ON THE BASIS OF THE STRATEGY OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIPS

O. D. Ugolnikova

*. Sankt Petersburg State University of Economics (SPbGEU),
191023, St. Petersburg, Sadovaya, 21*

The article describes the development and implementation of public-private partnerships at the present stage of economic development of Russia. The analysis of the types of projects announced for implementation on the example of the region and related to engineering and social infrastructure. The arguments confirming the need for a strategy of PPP development because of the special role of this instrument for investment infrastructure projects.

Keywords: public-private partnership, investment, project types, engineering in-frastructure, social infrastructure.

Институт государственно-частного партнерства в условиях экономических ограничений со стороны Запада претерпел изменения, в том числе – после принятия соответствующего закона (ФЗ «О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» N 224-ФЗ от 13 июля 2015 года, далее - закон о ГЧ). Перспективы практики его реализации, разъяснения законодателя (аутентичное толкование положений закона) также служат формулированию выводов о состоянии и развитии данного экономического института в России.

Сформулируем проблему развития государственно-частного партнерства на современном этапе развития отечественной экономики. Зафиксировано замедление темпов роста российской экономики, что отрицательно влияет на развитие общественной инфраструктуры. В условиях сокращения бюджетных поступлений необходимо увеличивать объем инвестиций в развитие инфраструктуры (транспортной, энергетической и социальной), чтобы стимулировать экономический рост. Известно, что 10%-

ное увеличение объемов финансирования инфраструктуры дает 1%-ный рост экономики. Однако экономическая ситуация, особенно на рынке заемного финансирования, резко снизила рентабельность инфраструктурных проектов, что подталкивает частный бизнес к сокращению инвестиций в них. В указанных условиях, при новом федеральном законе о государственно-частном партнерстве и разноплановом региональном законодательстве в данной сфере, необходимо проанализировать пути развития отечественной инфраструктуры различных отраслей хозяйствования.

Стратегия развития института ГЧП в отечественной научно-исследовательской практике не представлена, за исключением ФЗ о ГЧП. Актуальность таких исследований подтверждена необходимостью разработки стратегии развития ГЧП на основе теоретического анализа особенностей экономического института государственно-частного партнерства, его базовых отличий от других сходных форм взаимодействия государственного и частного секторов, а также выявления связей стратегий развития территорий, регионов, муниципалитетов.

¹Угольникова Ольга Дмитриевна – кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры Машины и оборудование бытового и жилищно-коммунального назначения СПбГЭУ, тел.: +7 906 253 5949, e-mail: olga_ugolnikova@mail.ru

Проведем анализ деятельности институтов, способствующих развитию механизмов привлечения частных инвестиций (ГЧП), включенных в структуру стратегии развития ГЧП. Особое внимание необходимо обратить на согласование стратегий развития регионов, отраслей, муниципалитетов и увязке с ними стратегии развития государственно-частного партнерства. Согласно ФЗ №172, государственными органами могут разрабатываться стратегии отдельных сфер социально-экономического развития. Данные стратегии базируются на Стратегии социально-экономического развития РФ. Концепция долгосрочного развития РФ до 2020 («Стратегия 2020») до принятия Стратегии 2030, является стратегическим документом социально-экономического развития РФ. Концепции долгосрочного развития Российской Федерации на период до 2020 года и Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года.

При всей очевидности достоинств института ГЧП, он является сложным и крайне чувствительным механизмом, предполагающим выполнение целого ряда условий поддержки. Среди них - создание эффективного управления государственно-частным партнерством как системы взаимосвязанной совокупности целей, ресурсов, структур. Качественное управление предусматривает наличие стратегии развития управляемого объекта.

Для введения понятия государственно-частного партнерства применяется самая разнообразная система терминов. Наиболее емкий и широко распространенный в европейской экономической литературе, представлен в документах Европейской экономической комиссии ООН (2008 год)⁵. Другой введен сотрудниками Высшей школы экономики и активно используется в российской учебно-практической литературе. Так, в последнем указано, что «государственно-частное партнерство представляет собой юридически закрепленную форму взаимодействия между государством и частным сектором в отношении объектов государственной и муниципальной собственности, а также услуг, исполняемых и оказываемых государственными и муниципальными органами, учреждениями и предприятиями, в целях реализации общественно значимых проектов в широком спектре видов экономической деятельности».

В ряде научно-теоретических исследований под государственно-частным партнерством понимается механизм сотрудничества государственного и частного секторов в целях устойчивого социально-экономического развития территорий и повышения их конкуренто-

способности. Многие источники трактуют государственно-частное партнерство как союз государства и бизнеса для решения общественно значимых задач на взаимовыгодных условиях через проекты, получившие в классификации типов такого взаимодействия название «государственно-частное партнерство». Следовательно, к государственно-частному партнерству нужно отнести особые экономические зоны, концессионные соглашения, инвестиционные проекты и программы развития, технопарки и бизнес-инкубаторы, государственные контракты и т.д. Цель альянса – развитие производства, повышение уровня жизни населения. Базовый ресурс достижения цели - привлечение инвестиций бизнеса.

Таким образом, первоначальный интерес государства к бизнесу был проявлен с целью финансирования, формирования и продвижения вплоть до реализации проектов, связанных с инфраструктурным развитием, что в дальнейшем превратилось в специальный и эффективный инструмент повышения конкурентоспособности проектов по оказанию услуг, определяемой решением финансовых проблем.

Цель создания альянса государства и бизнеса, государственно-частного партнерства, главным образом изначально состояла в обеспечении финансирования, планирования, а в дальнейшем – возможном исполнении и эксплуатации возведенных объектов и предоставлении услуг. При этом привлекательными условиями для бизнеса являются долгосрочная перспектива эксплуатации и (или) предоставления услуг, а сдерживающим фактором – принятие на себя большей части рисков.

Ввиду вступления с 01.01.2016 года ФЗ о государственно-частном партнерстве Нами применяется термин «государственно-частное партнерство» в контексте действующего российского законодательства. ГЧП – это юридически оформленное на определенный срок и основанное на объединении ресурсов, распределении рисков сотрудничество публичного партнера, с одной стороны, и частного партнера, с другой стороны, которое осуществляется на основании соглашения о ГЧП, заключенного в соответствии с федеральным законом о ГЧП в целях привлечения в экономику частных инвестиций, обеспечения органами государственной власти и органами местного самоуправления доступности товаров, работ, услуг и повышения их качества.

Промежуточным ключевым условием баланса взаимодействия государства и бизнеса является разнообразие форм ГЧП. Основные категории: контрактные государственно-частные партнерства и институциональные государственно-частные партнерства. Последние объединяют различные формы предприятий, созданных совместно государством и бизнесом.

⁵ Компендиум Европейской экономической комиссии ООН, 2008 г, Нью-Йорк – Женева [Электронный ресурс]. URL: rvca.ru/upload/files/lib/kompendium_world...2010.pdf (дата обращения 11.08.2015 г.).

Ответственность государства состоит в обеспечении граждан услугами, повышении их уровня и качества жизни. В Российской Федерации основными формами ГЧП являются: государственные контракты с инвестиционными обязательствами частного сектора; аренда государственного имущества; участие в капитале; концессии; соглашения о разделе продукции; контракты, сочетающие различные виды работ и отношений собственности.

В качестве конкретных примеров концессионных соглашений в условиях российской экономики приведем соглашения в сфере жилищно-коммунального хозяйства, транспорте, здравоохранении. В сфере ЖКХ на балансе у муниципалитетов, обеспечивающих и контролирующих объем и качество услуг населению, находится устаревшее производственное оборудование, обветшавшая инфраструктура, требующие больших трудовых затрат на восстановление, привлечения значительных объемов инвестиций. Налоговые поступления не решают данную проблему, но возможность ее решения возникает путем привлечения частных инвестиций через механизм ГЧП. На конкурсной основе инвестор (концессионер) вкладывает средства в реконструкцию и модернизацию объектов, например, водопроводно-канализационного хозяйства, что характеризует концессионное соглашение в сфере ЖКХ, позволяющее улучшить качество и количество оказываемых потребителям услуг, снизить непроизводственные расходы и сократить нагрузку на бюджет. При этом право собственности на объекты водопроводно-канализационного хозяйства остается у муниципальной власти. Доходы инвестора складываются из платежей населения за услуги ЖКХ. Управление при этом не подразумевает передачу в собственность: имущества концессионеру, частный сектор только вкладывает средства в его модернизацию и ремонт.

Пример действия механизма ГЧП в здравоохранении связан с реконструкцией больницы или медицинского центра. Актуальность таких проектов обусловлена острой необходимостью замены устаревшего медицинского оборудования, непригодностью зданий для оказания высококачественных услуг здравоохранения, отсутствием необходимого количества койко-мест, оборудования палат медцентра и т.п. В данном случае также применим механизм соглашения о концессии - привлечения частного бизнес-инвестора, генподрядчика и управляющего объектом здравоохранения. Инвестор производит реконструкцию и капитальный ремонт здания больницы (медицинского центра), помещений, оснащение необходимым современным оборудованием. Реализация такого проекта позволит привести к появлению на территории современного учрежде-

ния здравоохранения и качественному обслуживанию населения. В данном примере предполагается сохранить объем бесплатной медицинской помощи, при этом установленная соглашением часть дохода от платных услуг выплачивается инвестору.

Другая модель, получившая название «частной финансовой инициативы» (PFI), связана с реформами, выраженными через программы предоставления государственных услуг. Отличие DBFO от PFI состоит в другой схеме финансирования. Итак, контрактная форма и частная финансовая инициатива составляют базовую основу типов контрактов и способов передачи рисков.

Условиями предоставления проектам государственного финансирования являются:

- мультипликативный экономический эффект развития экономики региона (включает макроэкономический эффект, поддержку развития малого и среднего бизнеса, количество созданных рабочих мест, бюджетные поступления, количество местных поставщиков / совокупная стоимость заказов местным поставщикам);

- стратегический эффект для бизнеса (привлекательность для него проекта, т.е. укрепление позиций на рынке, расширение рынка сбыта продукции, увеличение прибыли, рентабельность инвестиций, возможность привлечения инвестиций с учетом показателей эффективности инвестиционных вложений, т.е. срок окупаемости инвестиций; социальный эффект, качество жизни в регионе, т.е. повышение уровня заработной платы, улучшение условий труда, предоставление дополнительных социальных услуг населению, улучшение экологической обстановки региона, экологический эффект, т.е. повышение ответственности за охрану окружающей среды со стороны бизнес-участников проекта, установление и исполнение требований по уровню выбросов, загрязнения окружающей среды, использованию и утилизации материалов).

Инновациями в управлении государственно-частным партнерством можно считать модели финансирования, не относящиеся к традиционным схемам, широко используемым в его практике. Учитывая, что основным направлением использования ГЧП является инфраструктура, альянс действительно можно рассматривать как инструмент преодоления дефицита инфраструктуры. Государственно-частное партнерство позволяет преодолеть проблему поиска финансирования для новых проектов, включая социальные, что обусловлено старением населения, низкой рождаемостью, оттоком населения из малых городов в мегаполисы и т.д. Развивая партнерство, стороны приходят не только к решению общественных проблем в развитии территорий, но к снижению

расходов, повышению уровня обслуживания и снижению рисков реализации проектов. ГЧП позволяет использовать альтернативные к государственным бюджетным - внебюджетные средства, не задействуя государственный (федеральный, региональный, местный бюджет), занимать денежные средства у бизнеса, что приводит к понятию «забалансовое финансирование». Государство получает инвестиции для сложных, включающих социальные аспекты, проектов, не изменяя показателя государственного долга. Сотрудничество с бизнесом позволяет, используя конкурсный характер контрактов, производить отбор инвесторов под конкретный проект с учетом их инновационных идей.

ГЧП характеризуется такой инновацией, как новые модели финансирования. Часть проектов ГЧП реализуется через государственный бюджет, некоторые частично или полностью финансируются потребителями услуг. В качестве примера можно привести уже упомянутые выше проекты ГЧП в строительстве и эксплуатации платных дорог. Данное финансирование можно считать проектным и рассматривать как особый метод финансирования ГЧП. Проектное финансирование направлено на увеличение капитала с целью окупаемости объекта и напрямую связано с интересами инвестора. При этом риски распределяются между участниками оптимальным образом, именно это приводит к наилучшему управлению и практически полному предотвращению рисков.

С 1 января 2015 года, после вступления в силу ФЗ №224 от 13.07.2015 «О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», законодательство РФ о ГЧП включает два Федеральных Закона. Это вышеуказанный закон о ГЧП и Федеральный Закон №115 от 21.07.2005 года «О концессионных соглашениях». Данный вывод соответствует норме статьи 2 Федерального закона о ГЧП. Блок регионального законодательства включает уже изданные и вступившие в действие региональные законы о ГЧП. Проблема текущего момента в приведении регионального законодательства в соответствие с Федеральным Законом о ГЧП. На муниципальном уровне государственно-частное партнерство состояло в выработке мероприятий по привлечению частных инвестиций для реализации мероприятий программ социально-экономического развития муниципалитетов, территорий. Таким образом, задачей муниципалитетов - разработка местного законодательства о ГЧП, но в соответствии с региональным (которое требует гармонизации, указанной выше) и действующим федеральным законодательством.

Анализ теоретических понятий, связанных логически с исследуемым понятием государственно-частного партнерства, позволяет выделить две группы свойств ГЧП – формально характеризующие институт ГЧП, активно влияющие на эффективность института ГЧП.

Формальные характеристики:

- удовлетворение потребности общественного сектора национальной экономической системы;
- участие экономических агентов, как минимум, двух сторон: публичный партнер (государство), частный партнер (бизнес, предприниматель), объединившиеся для достижения общих целей;
- институциональное соглашение между партнерами может представлять совместную организацию или договорные отношения;
- участниками ГЧП могут быть государственные и муниципальные органы власти, коммерческие и некоммерческие организации;
- разделение сфер полномочий, сфер ответственности, вида инвестиций, уровня и вида рисков, объема и формы выгоды;

Другая группа свойств ГЧП, активно влияющая на эффективность института ГЧП, включает важнейшее условие, лежащее в основе - права собственности на государственное (федеральное, региональное, муниципальное) имущество по контрактам ГЧП не передаются в частную собственность.

Принятие федерального закона о государственно-частном партнерстве не отменяет разработанных и действующих региональных законов о ГЧП, договоров типа ГЧП, схемы которых не совпадают с требованиями ФЗ о ГЧП. Для того, чтобы выяснить, какие договорные конструкции подпадают под действие ФЗ о ГЧП, а также установить обязательные (необязательные) признаки института государственно-частного партнерства в Российской Федерации, установим его базовые отличия от других форм публичного и частного партнерства.

Укажем на базовые признаки ГЧП в соответствии с принятием ФЗ о ГЧП, изменившим законодательство РФ в этой сфере. Первым базовым признаком является обязательный долгосрочный характер проекта, сроки которого превышают 3 года. Вторым важнейшим базовым признаком – распределение рисков между государством и бизнесом, а также ответственности между ними в случае привлечения бизнеса к последующей эксплуатации (техническому обслуживанию) созданного при соглашении о ГЧП объекте. Третьим базовым признаком является перенесение бремени финансирования проектирования, строительства объекта инфраструктуры, частично или полностью, на бизнес-партнера.

Распределение рисков между государством и бизнесом, ответственности между ними

в случае последующей эксплуатации (техническому обслуживанию) бизнесом созданного при соглашении о ГЧП объекта, наиболее сложный этап предпроектного взаимодействия партнеров. При нахождении оптимальных решений по их распределению, доходы и расходы участвующих сторон признаются также оптимальными, что служит фактором, способствующим заключению контракта ГЧП. При этом под рисками в данном случае понимаются вероятностные изменения тех показателей проекта, которые влияют на доходы и расходы обеих сторон – публичного и частного партнера.

Договорные отношения по схеме «государственный заказ» отличаются от схемы «ГЧП», включая его организационно-правовую форму «Концессию», тем главным признаком, что схемы «ГЧП» подразумевают обязательное финансирование бизнесом, причем бизнес-партнер в соответствии с договором может требовать компенсации своих затрат на строительство /и проектирование объекта договора, во-первых; финансировать частично или в полном объеме работ по эксплуатации (техническому обслуживанию) объекта договора. Для государства затраты этапа/этапов строительства/и проектирования инфраструктурного проекта могут быть значительно снижены, как и затраты на этап эксплуатации за счет бизнес-партнера.

Важнейшим фактором, влияющим до принятия нового закона о ГЧП на возрастание рисков частного партнера, были риски «изменений правил игры». Законом введена гарантия на сохранение «правил игры» в течение срока действия договора ГЧП. Отрицательное влияние негативного развития макроэкономических условий, изменения налогового законодательства, льготных условий для бизнеса, минимизировано возможностью изменений связанных с данным фактором условий договора ГЧП.

В заключение отметим, что на настоящий момент экономического развития в Российской Федерации создан законодательный инструментарий в области активного привлечения бизнеса к эффективному развитию национальной инфраструктуры. Главной инициативой, принявшей форму законодательной новеллы, стало закрепление возможности частной собственности на государственные инфраструктурные объекты в соответствии с условием обременения объекта договора ГЧП, закрытым перечнем объектов по концессионным соглашениям (Федеральный закон от 21.07.2005 N 115-ФЗ (ред. от 30.12.2015) «О концессионных соглашениях») и по законодательстве о договорах ГЧП (Федеральный Закон «О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федера-

ции и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» N 224-ФЗ от 13 июля 2015 года). Важным дополнением к главной новелле, необязательным признаком ГЧП, является возможность частного инвестора на инициирование проектирования, строительства объекта инфраструктуры из указанного перечня объектов. Еще одним необязательным признаком является допустимость софинансирования государством проектов ГЧП.

Наличие других важных особенностей ФЗ о ГЧП и их влияние на стратегическое развитие субъектов хозяйственной деятельности и развитие самого института ГЧП может быть предметом дальнейшего исследования специалистами.

Дадим краткий сравнительный анализ проектов государственно-частного партнерства Северо-Западного Федерального округа. В его состав входят 11 субъектов РФ, список округов включает: Санкт-Петербург, город федерального значения с населением 5 191,690 тыс. чел.; Ленинградская область с центром г. Санкт-Петербург, с населением 1 775,540 тыс. чел.; Вологодская область с центром г. Вологда, с населением 1 191,010 тыс. чел.; Архангельская область с центром г. Архангельск, с населением 1 183,323 тыс. чел.; Калининградская область с центром г. Калининград, с населением 968,944 тыс. чел.; Республика Коми с центром г. Сыктывкар, с населением 864,424 тыс. чел.; Мурманская область с центром г. Мурманск, с населением 766,281 тыс. чел.; Псковская область с центром г. Псков, с населением 651,108 тыс. чел.; Республика Карелия с центром г. Петрозаводск, с населением 632,533 тыс. чел.; Новгородская область с центром г. Великий Новгород, с населением 618,703 тыс. чел.; Ненецкий автономный округ с центром г. Нарьян-Мар, с населением 43,373 тыс. чел..

Реализация проектов ГЧП в г. Санкт-Петербурге

Первые крупные российские проекты типа государственно-частного партнерства начали реализовываться в Санкт-Петербурге. В СЗФО также впервые в России было применено государственно-частное партнерство в развитии социальной инфраструктуры. С 2011 г. Пушкинском районе г. Санкт-Петербурга построены и эксплуатируются на условиях ГЧП несколько детских садов и школ. Продолжается строительство новых объектов дошкольного и школьного образования.

В настоящее время в г. Санкт-Петербург находится в условиях реализации или уже завершившихся несколько проектов государственно-частного партнерства (табл. 1).

Таблица 1 – Развитие государственно-частного партнерства в г. Санкт-Петербурге

№ п/п	Наименование проекта	Уровень проекта			Форма проекта	Отрасль	Инвестиции (млн. руб.)		
		Федеральный	Региональный (межрегиональный)	Муниципальный			Общие	Государственные	Частные
1	Строительство и эксплуатация автомобильных дорог в жилом районе «Славянка»	-	+	-	Соглашение о ГЧП	Транспорт, автодороги	47740,6	15913,5	31827,1
2	Реконструкция аэропорта «Пулково»	+	-	-	Концессионное соглашение	Транспорт, аэропорты	55000,0	38000,0	17000,0
3	Строительство и эксплуатация мусороперерабатывающего завода в Левашово	-	+	-	Соглашение о ГЧП	Жилищно-коммунальное хозяйство, отходы	8000,0	-	8000,0
4	Строительство мультимодального транспортно-пересадочного узла «Девяткино»	-	(+)	-	Не определена	Транспорт, логистика	Не определено	Не определено	Не определено
5	Строительство и эксплуатация образовательных учреждений в жилом районе «Славянка»	-	+	-	Соглашение о ГЧП	Образование	3000,0	1500,0	1500,0
6	«Невская вода» - реконструкция Северной водонапорной станции	-	+	-	Соглашение о ГЧП	Жилищно-коммунальное хозяйство, водоснабжение и водоотведение	12000,0	Не определено	Не определено
7	Западный скоростной диаметр	-	+	-	Концессионное соглашение	Транспорт, автодороги	81000,0	-	81000,0
8	Строительство Орловского тоннеля	-	+	-	Отменен в связи с удорожанием	Транспорт, автодороги	Удорожание проекта	-	-
9	Создание и эксплуатация на основе ГЧП лечебно-реабилитационного корпуса «Городской больницы № 40 Курортного района»		+		Соглашение о ГЧП	Объекты здравоохранения	Не определено	Не определено	Не определено
10	Строительство автомобильной дороги М-4 «Дон» - от Москвы через Воронеж, Ростов-на-Дону, Краснодар до Новороссийска на участке км 517 – км 544 (обход н.п. Н.Усмани и Рогачевка)	+			Соглашение о ГЧП	Автомобильные дороги; объекты дорожной инфраструктуры и сервиса	17300	Не определено	Не определено

11	Скоростная автомобильная дорога М-11 «Москва – Санкт-Петербург» на участке км 258 – км 334 (обход г. Вышний Волочек))	+			Соглашение о ГЧП	Автомобильные дороги; объекты дорожной инфраструктуры и сервиса	49600	Не определено	Не определено
Итого 11 проектов типа ГЧП		3	8	-	Доминирует соглашение о ГЧП	Доминирует отрасль транспорт, автодороги	Более 273740,6	Более 55413,5	Более 66427,1

В Санкт-Петербурге реализуется 11 проектов типа ГЧП, а в одиннадцати других субъектах СЗФО их число меньше (кроме Вологодской области, где 21 проект ГЧП). Архангельская область (13 проектов), Калининградская область (4 проекта), Ленинградская область (4 проекта), Республика Карелия (7 проектов), Республика Коми (1), Псковская область (0), Новгородская область (0), Ненецкий

АО (0), Мурманская область (0). В общей сложности сформировано 50 проектов ГЧП, один из которых – строительство Орловского тоннеля в Санкт-Петербурге – отменен.

Сумма инвестиций проектов ГЧП Архангельской области составляет 347413,2 млн. руб. Они заложены для реализации следующих конкретных проектов (табл. 2).

Таблица 2 – Развитие ГЧП в Архангельской области

№ п/п	Наименование проекта	Уровень проекта			Форма проекта	Отрасль	Инвестиции (млн. руб.)		
		Федеральный	Региональный (межрегиональный)	Муниципальный			Общие	Государственные	Частные
1	Белкамур	+	-	-	Концессионное соглашение	Транспорт, железные дороги	302000,0	176000,0	126000,0
2	Строительство нового района Архангельского глубоководного порта	+	-	-	Не определена	Строительство, Морские порты	37000,0	Не определено	Не определено
3	Реконструкция аэропортового комплекса «Талаги»	-	+	-	Соглашение о ГЧП	Транспорт, аэропорты	7845,5	4192,1	3653,4
4	Строительство лыжно-биатлонного комплекса «Онега»	-	-	+	Концессионное соглашение	Физкультура и спорт	489,7	-	489,7
5	Реконструкция пассажирского терминала аэропорта «Соловки»,	-	-	+	Не определена	Транспорт, аэропорты	60,0	Не определено	Не определено
6	Передача в концессию: объекты по производству, передаче и распределению тепловой энергии, находящиеся в муниципальной собственности			+	Концессионное соглашение	объекты по производству, передаче и распределению электрической и тепловой энергии	665,0	Не определено	Не определено

	администрации МО «Савинское» Плесецкого р-на Архангельской области, а также биотопливная котельная мощностью 32,56 МВт»								
7	Передача в концессию: объекты теплоснабжения, расположенные на территории Двинского сельского поселения, предназначенные для производства, передачи, распределения и сбыта тепловой энергии			+	Концессионное соглашение	объекты по производству, передаче и распределению электрической и тепловой энергии	Не определено	Не определено	Не определено
8	Передача в концессию: недвижимое имущество и движимое имущество, технологически связанные между собой объекты водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод на территории МО «Шипицынское»			+	Концессионное соглашение	Централизованные системы горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения	Не определено	Не определено	Не определено
9	Передача в концессию: объекты теплоснабжения, в количестве 2 единиц, расположенное на территории и в собственности муниципального образования «Вилегодский муниципальный район			+	Концессионное соглашение	Объекты по производству, передаче и распределению электрической и тепловой энергии	Не определено	Не определено	Не определено
10	Передача в концессию: тепловые сети, расположенные по адресу: Архангельская область, Приморский район, МО «Уемское», городок Военный 130			+	Концессионное соглашение	Объекты по производству, передаче и распределению электрической и тепловой энергии	Не определено	Не определено	Не определено

11	Передача в концессию: тепловые сети, расположенные по адресу: Архангельская область, Приморский район, п. Уемский, улица Большесельская, улица Заводская			+	Концессионное соглашение	Объекты по производству, передаче и распределению электрической и тепловой энергии	Не определено	Не определено	Не определено
12	Передача в концессию: здание котельной с оборудованием и тепловые сети в д. Скрипчинская и д. Семеновская - 1я»			+	Концессионное соглашение	Объекты по производству, передаче и распределению электрической и тепловой энергии	Не определено	Не определено	Не определено
13	Передача в концессию: объекты водоснабжения и водоотведения МО «Лявленское» Архангельской области			+	Концессионное соглашение	Объекты по производству, передаче и распределению электрической и тепловой энергии	Не определено	Не определено	Не определено
Итого 13 проектов типа ГЧП		2	1	10	Доминирует Концессионное соглашение	Доминирует объекты по производству, передаче и распределению электрической и тепловой энергии	Более 1200,0	Не определено	Не определено

В соответствии с табл. 2, всего в Архангельской области планируемым является один проект, а в стадии реализации находится 4 проекта типа государственно-частного партнерства. Из тринадцати проектов два – федерального, один – регионального и десять – муниципального уровня. Среди форм доминирует концессионное соглашение, среди отраслей – отрасли объекты по производству, передаче и распределению электрической и тепловой энергии. Общий объем планируемых инвестиций превышает 1200,0 млн. руб., объем государственных и частных инвестиций из общего объема к настоящему времени окончательно не определен.

В Вологодской области насчитывается 20 проектов типа «государственное частное партнерство». Представим данные проекты с целью выявления их особенностей для дальнейшей классификации (табл.3).

В соответствии с табл.3, всего в Вологодской области из 22 ГЧП-проекта в стадии

реализации находятся 15 проектов, остальные 7 относятся к категории планируемых. Нет ни одного проект федерального уровня, восемь – регионального, тринадцать – муниципального уровня. Среди форм доминирует аренда с инвестиционными обязательствами, среди отраслей – туризм. Общий объем планируемых инвестиций – 52070,5 млн. руб., объем государственных и частных инвестиций из общего объема к настоящему времени окончательно не определен. ГЧП-проекты Ленинградской области сведены в таблицу показателей развития ГЧП, включающих уровень проектов территории (федерального, регионального, муниципального значения), форму проекта, отрасль применения, объем инвестиций со стороны участников (табл. 4).

Крупнейшим реализуемым ГЧП-проектом Ленинградской области является строительство порта Усть-Луга. Доминируют проекты регионального уровня, отрасли транспорт, логистика, централизованные системы

горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения. Три планируемых проекта предполагают 44500,0 млн. руб. частных инвестиций.

Таблица 3 – Развитие ГЧП в Вологодской области

№ п/п	Наименование проекта	Уровень проекта			Форма проекта	Отрасль	Уровень проекта		
		Федеральный	Региональный (межрегиональный)	Муниципальный			Федеральный	Государственные	Частные
1	Индустриальный парк «Сокол»	-	+	-	Аренда с инвестиционными обязательствами	Промышленное производство	2460,0	Не определены	Не определены
2	Индустриальный парк «Шексна»	-	+	-	Аренда с инвестиционными обязательствами	Развитие территорий	15000,0	3000,0	12000,0
3	Развитие комплекса «Усадьба Гальских»	-	-	+	Аренда с инвестиционными обязательствами	Туризм	1300,0	Не определены	Не определены
4	Строительство детских садов	-	+	-	Контракт жизненного цикла	Образование	1717,8	Не определены	Не определены
5	Полигон в урочище Пасынково»	-	-	+	Концессионное соглашение	Жилищно-коммунальное хозяйство, утилизация отходов	389,8	Не определены	Не определены
6	Строительство ГТЭС и развитие теплосетевого комплекса (г. Череповец)	-	-	+	Не определена	Энергетика	4000,0	Не определены	Не определены
7	Мусороперерабатывающий комплекс (г. Череповец)	-	-	+	Не определена	Жилищно-коммунальное хозяйство, утилизация отходов	Не определена	Не определены	Не определены
8	Строительство детской областной больницы (г. Вологда)	-	+	-	Государственный контракт	Здравоохранение	4000,0	Не определены	Не определены
9	Детский санаторий круглогодичного действия (Вологодская область)	-	+	-	Аренда с инвестиционными обязательствами	Здравоохранение	250,0	Не определены	Не определены
10	Реконструкция и строительство детских садов (г. Вологда)	-	+	-	Контракт жизненного цикла	Образование	1500,0	Не определены	Не определены
11	Строительство здания общеобразовательной школы в Верховском МР	-	-	+	Контракт жизненного цикла	Образование	124,6	Не определены	Не определены

12	Индустриальный центр «Нелазский»	-	-	+	Аренда с инвестиционными обязательствами	Развитие территорий	214,0	14,0	200,0
13	Межмуниципальный инвестиционный проект «Туристская дестинация «Белоозеро»	-	-	+	Аренда с инвестиционными обязательствами	Туризм	1269,1	356,6	912,5
14	Технопарк на территории г. Вологда	-	-	+	Не определена	Развитие территорий	1816,0	290,6	1525,4
15	Создание промышленного парка «Восток»	-	-	+	Не определена	Промышленное производство	2500,0	-	2500,0
16	Выставка современных технологий быстровозводимого жилья	-	-	+	Аренда с инвестиционными обязательствами	Строительство жилых объектов и инфраструктуры	85,1	5,1	80,0
17	Туристический кластер «Ворота Севера»	-	+	-	Аренда с инвестиционными обязательствами	Туризм	888,0	Не определены	Не определены
18	Межрегиональный выставочный и культурно-досуговый комплекс «Вологодская слобода»	-	-	+	Аренда с инвестиционными обязательствами	Туризм	332,0	Не определены	Не определены
19	Историко-этнографический комплекс «Древнерусское поселение «Сугорье»	-	-	+	Аренда с инвестиционными обязательствами	Туризм	100,0	35,0	65,0
20	Зона активного туризма «Онего»	-	+		Аренда с инвестиционными обязательствами	Туризм	1155,0	405,0	750,0
21	Мусороперерабатывающий завод в г. Вологда	-	-	+	Концессионное соглашение	Жилищно-коммунальное хозяйство, утилизация отходов	Не определены	Не определены	Не определены
22	Строительство полигона твердых бытовых отходов			+					732,931
Итого 22 проекта типа ГЧП		-	8	1 3	Доминирует аренда с инвестиционными обязательствами	Доминирует отрасль туризм	52070,5	Не определены	Не определены

Для остальных субъектов округа представим информацию, которая также была объединена в соответствующие таблицы.

В Республике Карелия реализованы два ГЧП-проекта отрасли жилищно-коммунальное хозяйство, водоснабжение, водоотведение и жилищно-коммунальное хозяйство, теплоснабжение. Из всех проектов шесть регионального уровня и два – муниципального уровня. Среди форм доминирует концессионное соглашение, среди отраслей применения – жилищно-

коммунальное хозяйство, водоснабжение, водоотведение. Общий объем запланированных инвестиций превышает 5530,8 млн. руб., объем инвестиций уже реализованных проектов составил 558,7 млн. руб.

В Республике Коми предполагается к реализации 17 проектов типа ГЧП, из них 16 федерального и 1 регионального уровня, с преобладанием типа соглашения о ГЧП и связанных с Объектами социального обслуживания населения.

Активизация по внедрению инструмента ГЧП для ускорения экономического развития Мурманской области проявилась в разработке за 2015-2016 гг. 5-ти различных проектов типа ГЧП, все из которых имеют форму кон-

цессионного соглашения. По 2 проекта – муниципального и регионального уровня, один – федерального уровня.

Таблица 4 – Развитие ГЧП в Ленинградской области

№ п/п	Наименование проекта	Уровень проекта			Форма проекта	Отрасль	Инвестиции (млн. руб.)		
		Федеральный	Региональный (межрегиональный)	Муниципальный			Общие	Государственные	Частные
1	Комплексное развитие морского торгового порта Усть-Луга	+	-	-	Инвестфонд РФ	Транспорт, логистика, Развитие территорий	8500,0	Не определены	Не определены
2	Строительство Новолодожского водовода	-	+	-	Не определена	Жилищно-коммунальное хозяйство, водоснабжение и водоотведение	40000,0	Не определены	Не определены
3	Строительство мультимодального транспортно-пересадочного узла «Девятикино»	-	+	-	Не определена	Транспорт, логистика	2000,0	-	2000000,0
4	Организация скоростного движения пассажирских поездов на участке Санкт-Петербург - Буловская Октябрьской железной дороги	-	+	-	Концессионное соглашение	Транспорт, железные дороги	79486,9	27777,2	51709,7
5	Создание сети плавательных бассейнов (8 плавательных бассейнов в 8 населенных пунктах)		+		Концессионное соглашение	Объекты физической культуры и спорта			2500
6	Проект строительства системы обращения с отходами на территории Ленинградской области		+		Концессионное соглашение	Объекты переработки и утилизации (захоронения) бытовых отходов	Не определены	Не определены	Не определены
7	Проект строительства сети путепроводов взамен железнодорожных переездов на территории Ленинградской области		+		Концессионное соглашение	Автомобильные дороги Объекты дорожной инфраструктуры и сервиса	Не определены	Не определены	Не определены

8	Проект реконструкции канализационных сооружений в г. Коммунар Гатчинского района Ленинградской области (мощностью 6 тыс. куб.м./сутки)		+	Концессионное соглашение	Централизованные системы горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения	Не определены	Не определены	Не определены
9	Проект строительства автомобильной дороги Санкт-Петербург – Матокса на участке КАД – Новое Девяткино во Всеволожском районе Ленинградской области		+	Концессионное соглашение	Автомобильные дороги. Объекты дорожной инфраструктуры и сервиса	2500	Не определены	Не определены
10	Проект строительства международного транспортного маршрута «Европа - Западный Китай»		+	Концессионное соглашение	Автомобильные дороги. Объекты дорожной инфраструктуры и сервиса	112500	Не определены	Не определены
11	Проект реконструкции котельной в г. Сосновый Бор		+	Концессионное соглашение	Централизованные системы горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения	348,0	Не определены	Не определены
12	Проект реконструкции котельной и тепловых сетей в г. Бокситогорск		+	Концессионное соглашение	Централизованные системы горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения	777,79		
13	Передача в концессию: система водоснабжения Федоровского сельского поселения Тосненского района Ленинградской области		+	Концессионное соглашение	Централизованные системы горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения	Не определены	Не определены	Не определены
14	Передача в концессию: объект коммунально-бытового назначения (баня), расположенный по адресу: Ленинградская область, Ломоносовский район, дер. Гора Валдай, д. 118»		+	Концессионное соглашение	Объекты социального обслуживания населения	Не определены	Не определены	Не определены

15	Передача в концессию: объекты теплоснабжения, входящие в состав систем теплоснабжения Тихвинского г. п. Тихвинского муниципального р-на Ленинградской обл. (включая н. п.: г. Тихвин, пос. Красава, пос. Сарка, пос. Березовик, пос. Царицыно Озеро)			+	Концессионное соглашение	Объекты по производству, передаче и распределению электрической и тепловой энергии	Не определены	Не определены	Не определены
16	Передача в концессию: объект коммунально-бытового назначения (баня), расположенный по адресу: Ленинградская область, Ломоносовский район, дер. Шепелево			+	Концессионное соглашение	Объекты социального обслуживания населения	Не определены	Не определены	Не определены
17	Передача в концессию: объект коммунально-бытового назначения (баня), расположенный по адресу: Ленинградская область, Ломоносовский район, пос. Лебяжье			+	Концессионное соглашение	Объекты социального обслуживания населения	Не определены	Не определены	Не определены
Итого 17 проектов типа ГЧП		1	8	8	Концессионное соглашение	Централизованные системы горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения	Более 243986,9	Не определены	Не определены

В Новгородской области большинство проектов – типа ГЧП находятся на стадии инициирования. Это передача в концессию: объекты теплоснабжения и иное имущество, предназначенное для осуществления деятельности по передаче и распределению тепловой энергии потребителям системы коммунальной инфраструктуры сельского поселения Неболчи, Любытинского района; водоснабжение Великого Новгорода артезианской водой; создание аэродрома совместного базирования «Кречевицы», создание туристского кластера «Старорусский»; организация центра амбулаторного гемодиализа для проведения плановой заместительной почечной терапии методами гемодиализа; передача в концессию объекты комму-

нального хозяйства, в том числе объекты теплоснабжения, централизованного горячего водоснабжения системы коммунальной инфраструктуры муниципального образования – городской округ Великий Новгород», передача в концессию: объекты теплоснабжения и иное имущество, предназначенное для осуществления деятельности по передаче и распределению тепловой энергии потребителям системы коммунальной инфраструктуры сельского поселения Неболчи, Любытинского р-на и др. Всего в Новгородской области в рассматриваемый период проектов исследуемого типа насчитывается 11, из них 4 – регионального уровня, 7 – муниципального уровня. Шесть проектов находятся в прединвестиционной стадии, столько

же – в стадии иницирования. В Псковской области и Ненецком автономном округе проекты ГЧП находятся, в основном, на стадии иницирования.

Укажем, что табл.1 –4 составлены на основе материалов [2].

По результатам проведенных статистических исследований, сведенных в таблицы, лидерами СЗФО по реализации проектов государственно-частного партнерства (ГЧП) являются регионы (субъекты) Санкт-Петербург и Ленинградская область. Эти же субъекты находятся и в числе лидеров этой классификации на федеральном уровне, причем, Санкт-Петербург удерживает первое место.

Анализ применения ГЧП на национальном уровне демонстрирует две противоположные модели развития проектов ГЧП: первая состоит в активном продвижении крупных проектов ГЧП (что характерно для ведущих регионов страны). Вторая продвигает модель реализации сразу нескольких проектов ГЧП, но среднего и/или малого формата. В условиях острой необходимости быстрого развития импортозамещения нужны новые модели альянсов публичного и частного партнеров. Во-первых, актуально привлечение инвесторов в нужные для региональных экономик отрасли, используя косвенные меры стимулирования, включая налоговые льготы, бюджетные гарантии. Во-вторых, предприятиям нужны гарантии стабильных «правил» игры. Долгосрочные соглашения являются гарантией производителей отечественной продукции в рамках импортозамещения, способствуют повышению налоговых сборов.

Ранжируя проанализированные регионы по итогам 2014 – начало 2016 г., лидерами Северо-Запада являются Санкт-Петербург, Ленинградская область, Республика Коми, Псковская область, Вологодская область, Мурманская область.

Отметим, что Федеральный закон № 115-ФЗ от 21.07.2005 «О концессионных соглашениях» как базовый для ГЧП, претерпел ряд значительных реформ, создавших предпосылки его активного использования в различных отраслях экономики, в частности, сферы ЖКХ, где концессионные механизмы применяются в сфере тепло- и водоснабжения. Концессии применяются в транспортной отрасли, планируются концессии в области фото- и видеофиксации», например, «Развитие системы автоматической фиксации нарушений правил дорожного движения в Республике Карелия». Ряд проектов, направлены на разгрузку дейст-

вующей улично-дорожной сети (выезные трассы) и запуск легкорельсового транспорта.

В качестве наиболее перспективных сфер ГЧП является сфера обращения отходов. Препятствием для применения ГЧП в ЖКХ является тарифное регулирование, отсутствие практического опыта утверждения долгосрочных тарифов, тем более для концессионеров. Проблемой является отсутствие утвержденных схем тепло- и водоснабжения, без которых заключение концессионного соглашения согласно действующему законодательству невозможно.

Укажем на совершенствование законодательства ГЧП как элемент стратегии развития ГЧП. Базовым элементом региональной нормативно-правовой базы в сфере ГЧП, МЧП является закон субъекта – региональный закон о ГЧП. Правоотношения в сфере ГЧП, МЧП на первоначальном этапе целесообразно регламентировать исключительно на подзаконном уровне, а законодательный акт будет являться результатом сложившейся правоприменительной практики.

Следует принять нормативно-правовые акты, регламентирующие межведомственное взаимодействие органов власти на различных этапах рассмотрения и реализации проектов ГЧП, включая концессионные.

Важным мероприятием по разработке региональных нормативных правовых актов является утверждение порядка принятия высшим исполнительным органом государственной власти субъекта Российской Федерации решения о реализации проекта ГЧП. Федеральный закон предоставляет региону право направить проект ГЧП на оценку его эффективности и сравнительного преимущества в федеральный уполномоченный орган. Механизм реализации данного права также целесообразно определить при принятии решения о реализации проекта ГЧП.

Для эффективного управления сферы ГЧП предусматриваются уполномоченные органы. Их полномочия: проведение оценки эффективности проектов ГЧП, согласование публичным партнером конкурсной документации, обеспечение межведомственной координации деятельности при реализации соглашений о ГЧП, осуществление мониторинга, ведение реестра заключенных соглашений о ГЧП, МЧП.

Ввиду конкурсных процедур проектов ГЧП, веса коэффициентов критериев конкурса могут устанавливаться с учетом специфики каждого проекта.

Суммарный вес при определении значимости критериев конкурса единица. Максимальные значения: по техническим критериям не превышают 0,5; по финансово-экономическим не превышают 0,8; по юридическим не превышают 0,5.

Таблица 5 – Объекты соглашений сферы ГЧП в соответствии с действующим законодательством РФ

<p>Объекты для концессионных соглашений (Федеральный закон о ГЧП дает возможность гибко определять победителя при создании нового объекта, поскольку возрастает значимость технического критерия (архитектурно-планировочные решения и т. д). В законодательстве о концессиях вес технического критерия ограничен не превышает 0,2. Укажем объекты соглашений сферы ГЧП по действующему законодательству РФ. 115-ФЗ)</p>	<p>Объекты для соглашений о ГЧП (224-ФЗ)</p>
<p>водоснабжения, водоотведения; объекты очистки сточных вод; объекты по производству, передаче и распределению тепловой энергии; объекты тепло-, газо-, электроснабжения; федеральные, региональные и местные автомобильные дороги или участки автомобильных дорог, элементы их обустройства и объекты дорожного сервиса; мосты, путепроводы, тоннели; метрополитен; объекты единой системы организации воздушного движения</p>	<p>воздушные суда; частные автомобильные дороги или участки частных автомобильных дорог, мосты, защитные дорожные сооружения, искусственные дорожные сооружения, элементы их обустройства и объекты дорожного сервиса; стационарные и плавучие платформы, искусственные острова; подводные и подземные технические сооружения, переходы; линии и иные линейные объекты связи и коммуникации; мелиоративные системы</p>

объекты по производству, передаче и распределению электрической энергии; транспорт общественного назначения (кроме метрополитена); железнодорожный транспорт; трубопроводный транспорт; морские и речные порты, морские и речные суда; гидротехнические сооружения; аэродромы и сопутствующая инфраструктура аэропортов; объекты здравоохранения, образования, культуры, спорта, туризма, санаторно-курортного лечения; объекты обращения с твердыми коммунальными отходами; объекты, предназначенные для освещения территорий городских и сельских поселений; объекты, предназначенные для благоустройства территорий; объекты социального обслуживания населения

Критериями эффективности проекта ГЧП являются: финансовая эффективность; социально-экономический эффект реализации в целях, определенных в стратегии,

Сравнительное преимущество проекта ГЧП определяется на основании соотношения чистых дисконтированных расходов бюджетных средств и объема принимаемых публичным партнером обязательств в случае возникновения рисков при реализации проекта ГЧП и при реализации госконтракта, муниципального контракта, что связано с установлением оптимальной формы реализации инфраструктурного проекта (ГЧП или государственный заказ) на этапе принятия решения и повышения эффективности расходования бюджетных средств.

В заключение отметим, что стратегия по привлечению инвесторов государственными гарантиями - стабилизирующий фактор, способствующий повышению эффективности управления, расходования бюджета и развития инфраструктуры. Она предоставляет новые возможности соединить на партнерских началах ресурсы государства, экспертизу и финансовый потенциал субъектов частного сектора регионов.

Литература

1. Федеральный Закон «О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» N 224-ФЗ от 13 июля 2015 года
2. Институт ГЧП. [текст]. URL: p3institute.ru (дата обращения 05.02.2017)

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПОМОЩИ И УСЛУГ НА ПРИМЕРЕ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ И РЕАБИЛИТАЦИИ

В.В. Угольников¹, Е.И. Лубинская²

¹*Санкт-Петербургский государственный экономический университет (СПбГЭУ)
191023, Санкт-Петербург, ул. Садовая, 21;*

²*Северо-Западный федеральный медицинский исследовательский центр (СЗФМИЦ) имени В. А. Алмазова Минздрава России, 197341, Санкт-Петербург, ул. Акkuratова, 2*

В статье сформулированы проблемы экономической оценки высокотехнологичной медицинской помощи (ВМП) и медицинской реабилитации (МР). Описана модель единого блока ВМП и МР как последовательного процесса. На основе практического исследования даны заключения о медицинской, социальной и экономической эффективности ВМП и медицинской реабилитации. Предложены подходы к доказательству экономической эффективности медицинской реабилитации.

Ключевые слова: здоровье, высокотехнологичная медицинская помощь, медицинская реабилитация, частные инвестиции, экономическая эффективность.

ECONOMIC ASPECTS OF HIGH-TECH CARE AND SERVICES FOR EXAMPLE MEDICAL CARE AND REHABILITATION

V. V. Ugolnikov, E. I. Lubinskaya
*Sankt Petersburg State University of Economics (SPbGEU),
191023, St. Petersburg, Sadovaya, 21*

Northwest Federal Medical Research Center (NFMRC) of V. A. Almazov of the Russian Ministry of Health, 197341, St. Petersburg, Akkuratov St., 2

In article problems of an economic assessment of the hi-tech medical care (HTMC) and the medical rehabilitation (MR) are formulated. The model of the VMP and MR uniform block as consecutive process is described. On the basis of a practical research the conclusions about medical, social and economic efficiency of VMP and medical rehabilitation are drawn. Approaches to the proof of economic efficiency of medical rehabilitation are offered.

Keywords: health, high-tech medical care, medical rehabilitation, private investment, economic efficiency.

В здравоохранении в настоящее время наиболее востребованной является высокотехнологичная медицинская помощь (ВМП). Правовые основы ВМП и ее структура изложены в ФЗ №323 от 21.11.2011 «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» [1]. Использование инструментов альянса государства и бизнеса в здравоохранении в области ВМП обусловлено факторами:

– снижения затрат на оказание ВМП, снятия проблемы ее квотирования (для государства);

– ресурсоемкости (получение доходов не дожидаясь отдачи от самого факта пролечения по ВМП), необходимости подготовки высококвалифицированных кадров для оказания ВМП, внедрения в короткий период, долгосрочности проекта, уменьшения сроков отдачи

по сравнению с другими областями здравоохранения (для бизнеса);

– получения ВМП, увеличения доступности ВМП (для пациента);

– возможности лечить пациентов за личный расчет без риска потери квот (для лечебно-профилактического учреждения) [5].

Укажем на отечественный опыт реализации совместных проектов государства и бизнеса в медицине и социальном обслуживании. Один из интересных проектов уже в сфере социального обеспечения – строительство сети частных домов престарелых, развиваемой Senior Group. Главными регионами реализации проекта являются Московская область и Бурятия. Широко известен проект совместных инвестиций в системе здравоохранения – сделка сети клиник «Медси» с правительством Москвы. В 2012 г.

¹*Угольников Владимир Владимирович – кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры Машины и оборудование бытового и жилищно-коммунального назначения СПбГЭУ, тел.: +7 911 793 0196, e-mail: olga_ugolnikova@mail.ru*

²*Лубинская Екатерина Игоревна – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник НИЛ реабилитации СЗФМИЦ имени В. А. Алмазова*

В обмен на 25% акций объединенной компании правительство Москвы передало «Медси» 5 поликлиник, 3 стационара и 3 санатория. Инвестиционный фонд AрахPartners, специализирующийся на медицинских активах, и РФПИ инвестировали 6 млрд. долл. в развитие сети. Другим примером сотрудничества бизнеса и власти в области медицины является частный перинатальный центр в Казани, который в 2012 г. по соглашению с мэрией города открыла российско-финская компания ОАО «АВА-Петер» (SPV «АВА-Казань»). Со стороны города в проект была передана больница (стоимость - 100 млн. руб.), инвестиции частного партнера составили 41,2 млн. руб.

На основе совместных государственных и частных инвестиций развивается несколько сетей гемодиализных центров в регионах РФ. Эта сфера здравоохранения наряду с перинатальной медициной особо привлекательна для частных инвесторов. Объясняется это простой организации центров такого вида и их сервисным уклоном по сравнению с полноценными больницами.

Данное направление альянса государства и бизнеса имеет значительные перспективы, что подтверждается следующими факторами:

- низкое качество государственной медицины и неудовлетворенность населения медицинским обслуживанием;

- рост качества жизни населения и спроса на качественные услуги, в т.ч. в здравоохранении;

- старение населения (к 2020 гг. ожидаемая продолжительность жизни вырастет на 4 года);

- отставание России от развитых стран по доле частной медицины (в Европе до 90% амбулаторных услуг оказывается в частных клиниках, доля в России - 6,2%);

- развитие страховой частной медицины (разрешение частным клиникам участвовать в реализации программы ОМС).

Подчеркнем актуальность вопроса развития системы отечественного медицинского страхования. Она прошла путь реформирования, завершившийся принятием программы по обеспечению граждан бесплатной медицинской помощью, введением обязательного медицин-

ского страхования. Под медицинским страхованием понимается форма социальной защиты интересов населения в охране здоровья, выражающаяся в гарантии оплаты медицинской помощи при возникновении страхового случая за счёт накопленных страховщиком средств. Инновационными направлениями в развитии рынка страховых услуг следует признать страхование ряда групп рисков, связанных с угрозами здоровью, например, рисков наступления заболеваний, требующих вмешательства инновационной медицины.

Действительно, оказание пациентам помощи вида ВМП требует значительных финансовых затрат. Курс таргетной терапии составляет около 1,5 млн. руб. Люди, нуждающиеся в излечении критических и смертельно опасных заболеваний, могут рассчитывать на государственные квоты на лечение или использовать собственные денежные средства. Решением является наличие страховых фондов, используемых для выплат при возникновении критических и смертельно опасных заболеваний. Примером является страховая программа «Высокотехнологичная медицинская помощь», которая обеспечивает сервисную поддержку и финансовую защиту при лечении смертельно опасных заболеваний и включает программу по лечению ВМП, медикаментозное сопровождение, реабилитацию пациента. Данная программа реализуется компанией ООО СК «Росгосстрах – Жизнь», деятельность которой организована и в Санкт-Петербурге.

Отметим, что в современных условиях затраты на здравоохранение увеличиваются, растет спрос на медицинские высокотехнологичные услуги, высокотехнологичную медицинскую помощь, например, по направлению сердечно-сосудистой хирургии [3].

Этап оказания ВМП продолжается этапом стационарной реабилитации, которая признается достаточно эффективной. Он направлен на сохранение высокого качества жизни пациента, его возвращение к труду, признается эффективным с медицинской точки зрения. Однако этот же этап в стоимостных координатах считается экономически не эффективным.

Актуальной становится проблема внедрения другого, предлагаемого в данной работе, вида страхования - реабилитации пациента

после оказания ВМП, его восстановления и возвращения к трудовой деятельности. Сам этап медицинской реабилитации с позиций его развития и экономических оценок требует более подробного рассмотрения. Приведем пример конкретных расчетов на основе исследования больных с сердечно-сосудистой патологией.

Экономическая эффективность ВМП и МР рассчитывается через сопоставление прямых медицинских затрат на стационарном (санаторном) этапе, при применении методов «общей стоимости» и «минимизации затрат». Число обследованных пациентов более 100, это мужчины возраста меньше пенсионного. Целью обследования стала эффективность ВМП, РМ, включая медицинскую, социальную, экономическую. Экономическая эффективность оценивалась методами общей стоимости болезни, минимизации затрат, моделирования, дисконтирования. В выборке представлены больные ишемической болезнью сердца, после коронарного шунтирования, в двухлетний период после проведения операции. Представим результаты исследования в табл. 1 – 4 [4].

Рассмотрим проблемы эффективности изменения (снижения, повышения) факторов риска. До проведения вмешательства вида ВМП – операции по коронарному шунтированию более 38% пациентов имели целевые значения АД и нормальную массу тела. Первая группа больных имела более низкий средний ИМТ, в 1,6 раза меньше - с ожирением. Коррекция факторов риска после вмешательства ВМП – операции коронарного шунтирования у больных второй группы хуже (артериальное давление, вес, липидный спектр крови и др.).

Высокотехнологичная медицинская помощь и последующая медицинская реабилитация, включающая стационарный и послестационарный этапы, дают высокую надежность медицинского эффекта.

Рассмотрим вопросы стоимости лечения до начала и после проведения операции коронарного шунтирования. Подробней проследим фактические затраты на мероприятия по кардиореабилитации. Экономическую эффективность реабилитации пациентов с ишемической болезнью сердца

будем оценивать в двухгодичный период после проведения операции коронарного шунтирования.

Таблица 1 – Продолжительность и стоимость ВМП (коронарное шунтирование)

Сравниваемый показатель	Значение признака		
	I гр., n=92	II гр., n=108	Всего, n=200
Длительность пребывания в кардиологическом отделении перед КШ, койко-дней	2,8±2,1	3,5±3,0	3,3±2,7
Длительность пребывания в ОРИТ, койко-дней	2,2±1,2	2,0±1,4	2,1±1,3
Длительность раннего стационарного этапа КР (в кардиохирургическом отделении), койко-дней	7,8±1,9	8,1±2,8	8,0±2,5
Стоимость раннего стационарного этапа реабилитации, руб./чел.	54 121,6 ± 13 832	51 761,8 ± 14 230,2	52 461,6 ± 13 920,2
Стоимость выполнения КШ и раннего стационарного этапа реабилитации, руб./чел.	226 651,6 ± 23 760,1	224 291,8 ± 22 545,5	225 377,3 ± 26 069,9
Продолжительность позднего стационарного этапа реабилитации после КШ, койко-дней	10,9±2,5	11,9±2,6*	11,4±2,6
Стоимость позднего стационарного этапа реабилитации, руб./чел.	30 613,3 ± 5878,9	33 306,0 ± 7 339,0*	32 067,4 ± 7 239,4
Суммарная длительность стационарного лечения в ФЦ, койко-дней	23,1±4,9	25,5±5,6*	24,4±5,4
Суммарная стоимость стационарного лечения в ФЦ с выполнением КШ, руб./чел.	257 264,9 ± 30 003,2	257 597,8 ± 26 216,8	257 444,7 ± 27 950,6

Расчет прямых затрат связан со средней стоимостью ЛДМ на двух этапах - амбулаторно-поликлиническом и стационарном. Экономические потери по нетрудоспособности основаны на статистических данных. На одного работающего они составили в год (2,4048 тыс. руб. x число дней нетрудоспособности). Это сумма выплат по больничному листу одному

пациенту. Указанные суммы можно интерпретировать как потери ВВП.

Стоимость ЛДМ и непрямые экономические потери в среднем на одного пациента с ишемической болезнью сердца до операции коронарного шунтирования и в двухлетний период после реваскуляризации внесены в таблицу 2.

Таблица 2 – Динамика стоимости лечения и непрямы экономических потерь до операции коронарного шунтирования

Показатели	До КШ, n=200	1-й год после КШ, n=200	2-й год после КШ, n=168*
ПРЯМЫЕ ЗАТРАТЫ НА ЛЕЧЕНИЕ^о			
Стационарный этап реабилитации после КШ ^о , руб./чел. x год	–	32 067,4 (19 656,2–58 968,3)	–
Санаторная реабилитация после КШ, руб./чел. x год	–	13 744,8 (0 – 17 398,5)	–
Стоимость амбулаторных лечебно-диагностических мероприятий, руб./чел. x год	5 992,2 Min: 1035,5 Max: 29 462,4	17 271,7**** Min: 1 880,3 Max: 39 351,2	12 354,7**** Min: 1 576,2 Max: 28 300
Стоимость вызовов скорой помощи, руб./чел. x год	1 495,4 Min: 0 Max: 22 298,5	1 066,1 Min: 0 Max: 9 193,9	694,6**** Min: 0 Max: 3336,1
Стоимость стационарного лечения, руб./чел. x год	47 772,1 Min: 0 Max: 295 917,6	21 763,7* Min: 0 Max: 265 599,8	19 709,9**** Min: 0 Max: 184 441,6
Стоимость лекарственной терапии в год, руб./чел. x год	34 194,9 Min: 5 456,5 Max: 99 282,7	29 157,8** Min: 8 898,3 Max: 74 900,2	26 178,4**** Min: 6 925,2 Max: 86 624,6
Суммарные прямые затраты на лечение, руб./чел. x год	89 454,6 Min: 16 948,4 Max: 382 162,1	115 071,6 Min: 25 643,8 Max: 337 157,8	58 937,6**** Min: 14 087,6 Max: 269 697,2
НЕПРЯМЫЕ (КОСВЕННЫЕ) ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ			
Выплаты пособий по временной нетрудоспособности (оплата БЛ), руб./чел. x год	23 876,0 Min: 0 Max: 231 719,5	55 988,3**** Min: 0 Max: 154 940,8	3 582,0**** Min: 0 Max: 96 838,0
Потери ВВП в связи с временной нетрудоспособностью, руб./чел. x год	73 302,2 Min: 0 Max: 357 112,8	174 596,4**** Min: 72 144,0 Max: 538 675,2	12 453,5**** Min: 0 Max: 336 672,0
Денежные выплаты по стойкой нетрудоспособности (пособия по инвалидности), руб./чел. x год	14 756,0 Min: 0 Max: 35 556,8	25 275,0**** Min: 0 Max: 10 621,0	24 939,2**** Min: 0 Max: 35 556,8
Потери ВВП в связи со стойкой утратой трудоспособности, руб./чел. x год	11 975,8 Min: 0 Max: 598 790,6	59 879,1**** Min: 0 Max: 598 790,6	70 862,8**** Min: 0 Max: 598 790,6
Суммарные непрямы (косвенные) экономические потери [†] , руб./чел. x год	123 910,0 Min: 0 Max: 598 104,5)	315 738,8**** Min: 8 889,2 Max: 729 172,8	111 837,5**** Min: 0 Max: 469 066,8
СУММАРНЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ В СВЯЗИ С ЗАБОЛЕВАНИЕМ			
Суммарные экономические потери в связи с заболеванием, руб./чел. x год	213 364,6 Min: 16 948,4 Max: 947 174,5)	430 810,4**** Min: 60 009,1 Max: 850 652,2	170 775,1**** Min: 20 400,0 Max: 652 946,1

Далее дан расчет прямых затрат на лечение пациентов в период с одного до десятого года после проведения операции коронарного шунтирования (Таблица 3). Расчет выполнен при учете ежегодного дисконтирования на 12%: со второго по десятый годы (для расходов до проведения операции коронарного шунтирования), с третьего по десятый год (для расходов после проведения операции коронарного шунтирования).

Период $t_{\text{окуп}}$ составил 6 лет.

Можно сделать следующие выводы: применяя разработанную модель расчета, срок окупаемости затрат на оказание высокотехнологичной медицинской помощи - операции коронарного шунтирования, составляет 6 лет. С учетом прямых затрат на ВМП, операция коронарного шунтирования экономически эффективна с седьмого года после операции пациента. Данная модель представляет условия оптимистичного сценария, поскольку использовалась клиническая (идеальная) модель.

Представим расчеты по экономии общих потерь по заболеванию после проведения операции по коронарному шунтированию (табл. 4).

Таблица 3 – Экономия прямых затрат на лечение пациентов после проведения операции коронарного шунтирования

Годы после КШ	Затраты на лечение до КШ, руб./чел.	Затраты на лечение после КШ, руб./чел.	Экономия прямых затрат, руб./чел.	
			по году	нарастающим итогом
1	89 454,6	115 071,6	-25 617,0	-25 617,0
2	100 189,2	58 937,6	41 251,6	15 634,6
3	112 211,9	66 010,1	46 201,7	61 836,3
4	125 677,3	73 931,3	51 745,9	113 582,2
5	140 758,5	82 803,1	57 955,5	171 537,7
6 ($t_{\text{окуп}}$)	157 649,6	92 739,5	64 910,1	236 447,8
7	176 567,5	103 868,2	72 699,3	309 147,1
8	197 755,6	116 332,4	81 423,2	390 570,4
9	221 486,3	130 292,3	91 194,0	481 764,4
10	248 064,7	145 927,3	102 137,3	583 901,8

мероприятий кардиореабилитации пациентов с ишемической болезнью сердца в двухлетний период после операции по коронарному шунтированию составляет в среднем 107,882,2 тыс. руб. на одного человека. За первый год – с учетом позднего стационара, санаторного, амбулаторного этапа

кардиореабилитации эта сумма 79,8422 тыс. руб. за второй год – 28,040 тыс. руб., учитывая затраты на мероприятия по кардиореабилитации (амбулаторный этап). Другой вывод связан с проблемами низкой экономической эффективности данного вида медицинских услуг.

Таблица 4 – Экономия общих экономических потерь по заболеванию пациентов после операции коронарного шунтирования

Годы после КШ	Экономические потери до КШ, руб./чел.	Экономические потери после КШ, руб./чел.	Экономия суммарных потерь, руб./чел.	
			по году	нарастающим итогом
1	213 364,6	430 810,4	-217 445,8	-217 445,8
2	238 968,4	170 775,1	68 193,3	-149 252,5
3	267 644,6	191 268,1	76 376,4	-72 876,1
4	299 761,9	214 220,3	85 541,6	12 665,5
5	335 733,3	239 926,7	95 806,6	108 472,1
6	376 021,3	268 717,9	107 303,4	215 775,5
7 ($t_{\text{окуп}}$)	421 143,9	300 964,1	120 179,8	335 955,3
8	471 681,2	337 079,8	134 601,4	470 556,7
9	528 282,9	377 529,3	150 753,6	621 310,3
10	591 676,8	422 832,9	168 843,9	790 154,3

Стоимость проведения полного объема

Медицинская реабилитация (МР) характеризуется собственными целями, задачами, структурой взаимодействующих служб, с требованиями, предъявляемыми к МР: материальные, технологические и человеческие ресурсы [2]. Критериями конечного результата МР принято считать медицинскую и социальную эффективность. Однако обеспечение экономической эффективности МР становится важнейшей проблемой ее дальнейшего развития в социально-экономической политике страны. С учетом отсутствия общепризнанной системы оценки экономической эффективности МР, исследование теоретических аспектов организационно-экономического механизма МР представляют особую актуальность.

Таким образом, проблемой широкого внедрения медицинской реабилитации в повседневную клиническую практику является недоказанность ее экономической эффективности, более того – представление в широких кругах об экономической неэффективности. При существующих клинико-экономических стандартах лечебно-профилактические учреждения находятся перед выбором альтернативы:

- оказание медицинской реабилитации в

рамках указанных стандартов, что снижает ее клинические результаты;

- оказание медицинской реабилитации в полном соответствии с принципами доказательной медицины; при этом экономическая эффективность медицинской реабилитации, с учетом существующих показателей и критериев оценки, будет низкой, а сама медицинская реабилитация – высоко затратной.

Методологическая проблема оценки эффективности медицинской реабилитации заложена в несовершенстве действующих критериев оценки деятельности стационара и недоработке нормативно-правовой базы, регламентирующей область медицинской реабилитации. Мы предлагаем транспонировать разработанные подходы к оценке экономической эффективности некоторых видов медицинской помощи на оценку экономической эффективности медицинской реабилитации, увязывающие экономическую эффективность медицинской реабилитации на микроуровне с ее эффективностью на мезо- и макро уровне [6]. Авторский вклад также состоит в развитии теоретических положений и разработке научно-практических подходов к вопросам совершенствования организационно-экономического механизма медицинской реабилитации, позволяющего расширить доступность комплексной медицинской реабилитации и повысить ее экономическую эффективность. Проведенное исследование позволяет выработать методику анализа эффективности затрат на программы по расширению и доступности комплексной медицинской реабилитации с целью сохранения и увеличения капитала здоровья населения.

Изложенные выше проблемы и обозначенные подходы к их решению могут оказать значительное влияние на такие макроэкономические показатели, как ВВП, занятость, а также

показатели продолжительности и качества жизни населения.

Литература

1. Федеральный закон от 21.11.2011 N 323-ФЗ (ред. от 03.04.2017) «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации». Эл. ресурс egalacts.ru/doc/FZ-ob-osnovah...zdorovja-grazhdan/
2. Демченко Е.А., Угольников В.В., Лубинская Е.И. Проблемы оценки экономической эффективности медицинской реабилитации //Технологическая перспектива в рамках Евразийского пространства: новые рынки и точки экономического роста. Материалы 1-ой Международной конференции / Под ред. проф. Н.С. Вороновой, В.С. Воронова, О.Н. Кораблевой – СПб: Издательство НПК «РОСТ», 2015. – С. 206 - 208.
3. Демченко Е.А., Лубинская Е.И., Угольников В.В., Николаева О.Б. Проблемы оказания высокотехнологичной медицинской помощи по профилю «сердечнососудистая хирургия»: экономический аспект // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. 2011. – Т.27, №1. – С. 23–33.
4. Лубинская, Е.И. Клиническая и социально-экономическая эффективность многопрофильной реабилитации больных ишемической болезнью сердца, перенесших плановое коронарное шунтирование. – Дисс. на соиск. учен. степ. к.м.н., ФГБУ «Федеральный центр сердца, крови и эндокринологии им. В.А. Алмазова» Минздрава России, СПб, 2013.
5. Угольников В.В. Государственно-частное партнерство. Развитие высокотехнологичной медицинской помощи: монография / О.Д. Угольникова, А.П. Петров, В.В. Угольников. Государственно-частное партнерство как условие конкурентного развития экономики. – СПб. : Изд-во СПбГУСЭ, 2013. – 179 с. (С. 52-83).
6. Угольников В.В. Развитие организационно-экономического механизма оказания высокотехнологичной медицинской помощи: концептуальный аспект // Материалы 2-й Международной научно-практической конференции «Развитие экономических и отраслевых наук в 21 веке». – Новосибирск: Научный институт глобальной и региональной экономики (НИГРЭ), 2014. – С. 74-77.

**ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ КАК
ФАКТОРА СТРУКТУРНОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВУЗА**

Г.В. Лепеш

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

Статья акцентирует внимание на формирование и результативность научно-педагогических школ как центров компетенций, обеспечивающих получение необходимых знаний и навыков для конкурентоспособных специалистов, отвечающих требованиям реального сектора экономики.

Ключевые слова: научно-педагогические кадры, реальный сектор экономики, структура вуза, научно-педагогические школы, творческая атмосфера, инновационность

**FORMATION OF SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL SCHOOL AS A FACTOR OF
STRUCTURAL IMPROVEMENT OF THE UNIVERSITY**

G. V. Lepesh

*Saint-Petersburg state economic University (FINEC),
191023, Saint-Petersburg, st. Sadovaya, 21*

The article focuses on the formation and performance of scientific and pedagogical schools, schools as centers of competence, providing the necessary knowledge and skills for a competitive retroposon specialists, meeting the requirements of the real sector of the economy.

Keywords: scientific-pedagogical personnel of the real sector of the economy, the structure of the University scientific-pedagogical schools, creative atmosphere, innovative

References

1. The RF Government decree of 27 April 2005 N 260 "About measures for state support of young Russian scientists - candidates of Sciences and doctors of Sciences and leading scientific schools of the Russian Federation" (with changes and additions-mi) [Text]/URL: <http://base.garant.ru/188122/> (updated: 10.07.2014) (date of access: 15.01.2017).
2. Russian scientific school / ed. by Yu. V. Jacob-CA. – М.: Mezhdunar. Fund N. D. Kondratieff, 2003.
3. About scientific and scientific-pedagogical schools// From a notebook of the President of the University, professor A. I. Vladimirov, Russian state University of oil and gas named after I. M. Gubkin (national research University), Moscow:Nedra,2013, issue 12, p. 60
4. Bukin L. L. Quantitative and qualitative criteria of formation of scientific schools on the example of the Department of credit theory and financial management St-Petersburg state University/Bukin Leonid Leonidovich Quantitative and qualitative criteria of formation of scientific schools on the example of the Department of credit theory and financial management St-Petersburg state University // Vestnik of Leningrad state University them. Of A. S. Pushkin. 2011. No. 2. C/ 167 -177

**STUDY OF THE RHEOLOGICAL AND THERMAL PROCESSES IN THE
APPARATUS IN-LINE WITH THE SURFACE BEING CLEANED**

A.V. Aret, V.V. Pelenko, A. J. Krupoderov,

*Saint Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics,
197101, St. Petersburg, Kronverkskiy pr., 49.***References**

1. Nikolaev L.K. Regularities of the processes of heat treatment of food products with abnormally viscous properties in devices with a surface to be cleaned. The dissertation author's abstract on the scientific degree of Doctor of Technical Sciences / Leningrad Order of the Red Banner of Labor, a technological institute of the refrigeration industry. Leningrad, 1985
2. Nikolayev B.L. Development of scientific basis for the intensification of hydrodynamic and thermal processes in the processing of fat-containing food products in a capacitive equipment with mixing devices. Thesis for the degree of Doctor of Technical Sciences / St. Petersburg State University of Low Temperature and Food Technologies. Saint-Petersburg, 2009
3. Strenk, F. Stirring and agitators. - Leningrad: Chemistry, 1975.-484 p.
4. Nikolayev B.L. Scientific substantiation and improvement of capacitive equipment for viscous food products // Bulletin of the International Academy of Refrigeration, 2007.- No4.- p.35-38.
5. I.P. Bazarov. Errors and errors in thermodynamics. - Ed. 2 nd correction. - М.: Editorial URSS, 2003. - 120 p.
6. Krupoderov A.Yu., Ahmedov M.Kh., Meretskaya AA, Idrisov N.I. Experimental stand on the basis of a rotational viscometer for investigating the starting mode of equipment // Scientific almanac. - Tambov: 2015 - No. 10-3 (12) P.150-153.
7. Nikolaev LK, Nikolaev BL, Krupoderov A. Yu., Kuznetsov A.V. Experimental installation for the study of ther-

mal processes in flow machines with cleaning devices. // El. Scientific journal "Processes and Apparatuses of Food Production". 2014. №1. C.7-14

8. Physical and mechanical properties of raw materials and finished products: Textbook with the stamp of UMO / VA Aret, BL Nikolaev, LK Nikolaev. - St. Petersburg: GIORD, 2009. - 537 p.

NUMERICAL AND EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF SOLAR RADIATION ON THE GUIDE TUBE WITH A HEAT-PROTECTIVE HOUSING

P. I. Bogomolov, I. A. Kozlov, P. A. Korenev

Joint-stock company "Central scientific-research Institute of materials" (JSC "CRIM")
191014, St.-Petersburg, str. Paradnaya, 8

References

1. Mark L. Bundy et al, Thermal shroud for a gun tube. Patent US, no. 4841836, 1989.
2. Peter F. Taylor et al, Thermal jacket for elongated structures. Patent US, no. 4346643, 1982.
3. Alistair R. Milne et al, Thermal sleeve for gun barrels. Patent US, no. 4638713, 1987.
4. Izumi Higashi, Gun barrel for tank. Patent US, no. 4753154, 1988
5. Gert Schlenkert et al, Thermal insulation jacket for a gun barrel. Patent US, no. 8347773 B2, 2013
6. Tae-Ho Han, Analysis of the effectiveness of thermal shroud on the thermal deformation of a gun barrel, NDIA 41st Annual Armament Systems: gun and missile systems Conference & Exhibition, march 27-30, 2006
7. G.N. Dulnev Heat and Mass Transfer in Radioelectronic Apparatus. - M.: Vyssh. Shk., 1984
8. G.N. Dulnev, Theory of heat and mass transfer. - SPb: NIOV ITMO, 2012.
9. V.A. Bryuka, Engineering Analysis in Ansys Workbench. - Samara: Samar. State. Tech. Un-t, 2010
10. G.N. Dulnev et al. Investigation of the thermal conductivity of composite materials from metal fibers and powders. Zh. Thermophysics of High Temperatures No. 6, Volume 13, LITMO, 1975
11. G.N. Dulnev and Yu.P. Zarichnyak Thermal conductivity of mixtures and composite materials. Reference book. L., "Energy", 1974
12. A.F. Kregers, I.A. Repelis, A.M. Tolks. Thermal conductivity of a fibrous composite and its constituents, g. Mechanics of Composite Materials No. 4, 1987, p. 604 ... 608

THE METHOD OF CALCULATING THE OPTIMUM PERIOD OF MAINTENANCE OF MUNICIPAL VEHICLES

A.G. Lepesh, T.V. Potemkina

Saint-Petersburg state economic University (FINEC),
191023, Saint-Petersburg, st. Sadovaya, 21

References

1. Lepes G. V. Diagnosis and comprehensive maintenance of engineering systems and equipment of buildings.// Technical and technological problems of service. – 2009. № 1(35). p. 6 – 16.
2. Lepes, Operational control and equipment diagnostics/ G. V. Lepis, V. N. Kurts, N. G. Motylev, etc.// Technical and technological problems of service. – 2009. № 3(9). pp. 8 – 16.
3. Lepech, G. V. Modern methods and means of diagnostics of the equipment of engineering systems of buildings and structures.// Technical and technological problems of service. – 2015. № 4(34). C. 3 – 8.
4. Kuznetsov A. D. Potemkin, T. V. Methodology of co-upgrading maintenance on the example of municipal vehicles for winter maintenance of roads.// Technical and technological problems of service. – 2016. № 4(38). p. 32 – 35
5. Wentzel, E. S., Ovcharov L. A. probability Theory and its engineering applications / E. S. Wentzel. – M.: Higher school, 2000.
6. Gnedenko, B. V., Belyaev, Yu. K., Solovyov A. D. mathematical methods of reliability theory. M.: Nauka, 1965
7. Reliability of technical systems: Handbook / Yu. K. Belyaev, V. A. Bogatyrev, V. V. Bolotin. Under the editorship of I. A. Ushakov. – M.: Radio and communication. 1985

METHOD OF SELECTION OF CENTRIFUGAL SUBMERSIBLE PUMPS TYPE ECV

N.L. Velikanov, V.A. Naumov, S.I. Koryagin

The Baltic federal university of Immanuel Kant (BFU of Kant), 236041, Kaliningrad, st. A. Nevsky, 14;
Kaliningrad State Technical University (KSTU), 236000, Kaliningrad, Sovetsky Ave., 1

References

1. Arzew A. I., Bochever F. M., Lapshin N. N. and others – M. Design of underground water. – M.: Stroizdat, 1976. - 292 p.
2. Volkov A.V., Pankratov S. N., Tchernyshev S. A. increase of the operational qualities of the centrifugal pumps based on the application of fluoropolymer coatings // Vestnik MPEI. – 2008. – No. 1. – Pp. 9-13.
3. Lamazou A. K., Orakhelashvili B. M. study of the hydraulic SHPP: centrifugal pump and hydro-dynamic transmission // journal of Ufa state aviation technical University. – 2013. – T. 17, № 3, (56). – P. 189-193.
4. Lysenko O. A. power saving Modes of installations centrifugal pumps with asynchronous motors // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. – 2014. – Vol. 325, № 4. – S. 133-139.

5. Grigoriev S. V., Savin L. A., Shakhbanov R. M. study of opportunities for increasing the energy characteristics of centrifugal pumps // Proceedings of the Tula state University. Technical Sciences. – 2015. No. 7-2. P. 122-127.
6. Ivanov V. B., Sitas V. I., Richter, M. assessing the effectiveness of the implementation of the fluid coupling to regulate the performance of centrifugal pumps // Technology audit and production reserves. – 2015. – Vol. 4, No. 1 (24). – P. 55-60.
7. The GMR group. Directory of submersible pumps in diabetes [Electronic resource]. URL: http://eds-sib.ru/assets/pdf/ECV_catalog.pdf (accessed on 25.12. 2016).
8. JSC "Livensky plant pogruchikov" [Electronic resource]. URL: http://www.livnasos.ru/catalog/nasosy_ecv/ (accessed 25.12.2016).
9. Praeger E. A. Podballastnye-semicharakteristic. Technical information sheet 23 (46). – L.: Building scientific and technical propaganda, 1954. – 15 S.
10. Kobzar A. I. Applied mathematical statistics. – M.: Fizmatlit, 2006. – 816 p.

A REVIEW OF MODERN TECHNOLOGIES OF MANUFACTURING OF THREE-DIMENSIONAL PREFORMS FOR ADVANCED COMPOSITE MATERIALS

P. I. Bogomolov, I. A. Kozlov, M. A. Biryulya

Joint-stock company "Central scientific-research Institute of materials" (JSC "CRIM")

191014, St.-Petersburg, str. Paradnaya, 8

References

1. Shevchenko, A. A., Physicochemistry and mechanics of compo-composite materials: textbook for universities. – SPb.: CSC "Profession", 2010. 224 p.
2. V. V. Vasiliev, V. D. Protasov, V. V. Bolotin, etc. Composite materials: a Handbook. – M.: Mashinostroenie, 1990, 512 p.
3. L. Tong. 3D Fibre Reinforced Polymer Composites. / L. Tong, A. P. Mouritz, M. K. Bannister. // Oxford: Elsevier Science Ltd, 2002. - 241 p.
4. A. M. Sageev, N. With. Mikryukova E. V. Lapin. Wove throughout the frames of the hull are promising fillers for composite materials, Zh. Vestnik of pnpru, Aerospace engineering, 2015 No. 42.
5. F. Stig. 3D-woven Reinforcement in Composites. / Fredrik Stig // Doctoral Thesis. Stockholm, Sweden, 2012

SYNTHESIS AND DESIGN OF HEAT EXCHANGER NETWORKS OF POWER-TRANSFERING TECHNICAL SYSTEMS

D.S. Agapov

St. Petersburg State Agrarian University (SPbGAU),

196605, St. Petersburg, Pushkin, Petersburg Highway, 2

References

1. Agapov D. S. Application of pinch analysis to the structural optimization of motor vehicles / D. S. Agapov // Alternative energy sources in the transport-technological complex: problems and prospects of rational use. – 2015. – Vol. 2. – P. 18-22. – ISSN 2409-7829.
2. Agapov D. S. Problems and prospects of rational use of heat on the road / D. S. Agapov // Collection of scientific works on materials of the international scientific-practical "Alternative energy sources: problems and perspectives of rational use". Voronezh, March 20-21, 2014. T 1. – P. 26-30.
3. Agapov D. S. To the question about the use of alcohol fuels in diesel engines. / D. S. Agapov, A. P. Kartoshkin, V. Belyakov. // Collection of scientific works scientific-technical conference on the theme: "Improving operational performance of vehicles, of tractors and engines." – SPb.: Publishing house of SPbGU. – 2007. – P. 78-81.
4. Agapov D. S. On the application of oxygenated fuels in internal combustion engines. / D. S. Agapov // Materials of international scientific-technical conference "Transport and transport-technological systems":. – Tyumen : TSOGU. – 2015. – P. 15-18.
5. Fomin V. M., Kamenev V. F., Khripach N.. Improving the efficiency of internal combustion engines by application of thermochemical heat recovery of exhaust gases // energoakkumulyatory and ecology in engineering: Sat.scientific.Tr..–M.: Ed. IN-MASH OF WOUNDS. – 2003. – P. 156-170.
6. Nosach V. G. Methods of increasing the fuel efficiency in technological processes // thermal physics and thermal engineering. – 1977. – No. 37. – P. 44-47.
7. Stezhenskij A. I. steam reforming of methanol. / A. I. Stezhenskij. – Kiev: Naukova Dumka. – 1972. – 283 p.
8. Agapov D. S. Comprehensive thermodynamic improvement of power plants based on pinch analysis and exergy analysis. / D. S. Agapov // Collection of scientific works from the XXX-industry scientific-technical conference of young specialists "Sea underwater weapon. Marine underwater robots - design, design and technology. MPO-MS–2012. – S. 242-251.
9. Agapov D. S. Thermodynamic improvement of power plants, integration of thermal processes based on exergy analysis. / D. S. Agapov // materials of the second all-Russian interbranch scientific-technical conference "Actual problems of marine energy." – SPb.: Publishing house Spbgmtu. 2013. – S. 254-255.
10. Agapov D. S. Thermodynamic improvement of the recycling module of the cogeneration unit. / D. S. Agapov // proceedings of the International Academy of agrarian education "materials of the international scientific-practical

conference "Technical systems, service and energy." – SPb.: Publishing house of SPbGU. – 2013. – No. 15, Volume 3. – S. 148-153.

11. Agapov D. S. Improvement of heat exchange network recycling module cogeneration plants JENBACHER. / D. S. Agapov // proceedings of the International Academy of agrarian education "materials of the international scientific-practical conference "Technical systems, service and energy." – SPb.: Publishing house of SPbGU. – 2013. No. 16, Vol. 4. – P. 281-287.

12. Agapov D. S. Thermodynamic Method with the upgrading of the cogeneration unit. / D. S. Agapov // Proceedings Of Spbgau. – 2013. – No. 33. – S. 220-229.

13. Agapov D. S. Thermodynamic sovershenstvo-tion of the recycling module of the cogeneration unit JENBACHER / D. S. Agapov // Proc. scientific. Tr. Intern. scientific.- tech. Conf. "Improvement of ex-operational indicators of cars, tractors and engines." SPb.: Publishing house of SPbGU. – 2015. – Pp. 124-131.

14. Agapov D. S. Constructive measures for improvement of the utilization of modules of power plants. / D. S. Agapov // Collection of scientific PA-pers of the international scientific-technical conference of the Institute of technical systems, service and energetics, on the theme: "Improving operational performance of cars, tractors and engines." – SPb.: Publishing house of SPbSPU. – 2014. – P. 111-123.

INCREASE OF EFFECTIVENESS OF HEAT EXCHANGING MACHINES

G.V. Lepesh, S.K. Luneva

*St. Petersburg State Economic University (SPbGEU)
191023, St. Petersburg, st.Sadovaya, 21*

References

1. Lepes G. V. energy Saving in the life-support systems of buildings and structures/ G. V. Lepis. – SPb.: Publishing house FINEC, 2014. – 437 p.

2. Laptev A. G., Nikolaev N. A. Basharov M. M. Methods of intensification and modeling of heat-mass transfer processes. Training and reference in the expedient. – M.: Teplotekhnika, 2011. – 335 p.

3. Laptev A. G., Basharov M. M., Runov, D. M. Determination of heat transfer coefficients in channels with elements of intensification. International journal of applied and fundamental research. 2015.- No. 3

4. Alyamovskii A. A. Engineering calculations in SolidWorksSimulation. – M.: DMK Press, 2010. – 464.

5. Lepes G. V., Luneva S. K. the development of heat pump technology. The Ranque Effect-Hillsa. // Technical and technological problems of service. 2016.-№3(37). P. 39-43.

6. Lepes G. V. Application of information technologies in the training of engineers// Tech-Niko-technological problems of the service. 2016.-No. 3(37) pp. 3-6.

7. Lepes G. V., Zubov A. A., Lepes A. G. The issue of modeling of dynamic processes in Tur-nocompression// Technical and technological problems of service. 2007.-No. 1 p. 30-35.

8. Lepes G. V., Lepes A. G., Luneva S. K. Improving the efficiency of heat exchangers by application of the vortex effect// Technical and technological problems of service. 2016.-No. 4(38)

9. Moskvichev A.V. the applicability of the turbulence models implemented in Ansys CFX to study fluid dynamics in parallel channel turbopump rocket engine // Vestnik VGTU. 2013. No. 5-1.

10. Lapin, Yu.V. Statistical theory of turbulence (past and present – a brief sketch of ideas)// Scientific-technical Bulletin 2' -2004, 35 p

11. Lapteva E. A., Farakhov T. M. Mathematical models and calculation of heat and mass transfer characteristics of apparatuses. Under the editorship of A. G. Laptev. – Kazan: Otechestvo, 2013. -182p

MULTIOBJECTIVE OPTIMIZATION IN PROBLEMS OF TRANSPORT PLANNING

N.A. Ermoshin, Yu.G. Lazarev

*Saint Petersburg Polytechnic University (SpBPU). 195251, Saint-Petersburg, Polytechnic, 29
Saint-Petersburg state economic University (FINEC),
191023, Saint-Petersburg, st. Sadovaya, 21*

References

1. Konsin D. V., Sitnikov, V. M., Machinski V. V. the Method of potentials in the solution of the transport problem//Scientific-practical journal of National priorities of Russia//series 1 "Science and military security". 2016. №4 (7). With 65-72.

2. L. Kantorovich, On the translocation of masses // C. R. (Doklady) Acad. Sci. URSS (N. S.), 37:199-201, 1942.

3. H. A. Taha Introduction to operations research. Textbook.- 7th edition. — M.: Williams, 2005. — 912 p.

4. Danzig John. Linear programming, its applications and generalizations. - M.: Progress , 1966.

5. R. M. Yakimov, Yu. A. Popov Transport planning: Practical recommendations for the creation of transport models for cities in the software package PTV Vision® VISIM — M. : Logos, 2014. – S. 200.

6. Silyanov V. V. the Theory of traffic flows in the design of roads and traffic management. Textbook.— M.: Transport, 1977. — 303 p.

7. Silyanov V. V., Domke E. R. Transport and operational qualities of roads and city streets. The textbook for the stud. universities. - 2nd ed. erased. - M.: Academy, 2008. - 352 p.

8. Ermoshin N. A., Bulgarov N. I., Fedorov O. V. Lo-misticheski approach to the use of the types of TRANS-port. Monograph.- M.: KNORUS, 2014.- 192 p.
9. Chumakov N. M. Serebryany, E. I. Assessment of the effectiveness of complex technical devices. - M.: Sov. radio, 1980.- 192 p.
10. Nikolaev V. I., Bruk V. M. Engineering: me-ODS and applications. -Leningrad:Mashinostroenie, 1985. – 199 p
11. Zack J. A. Applied problems of mnogokriterial-term optimization. M.: Economics, 2014. 455 S.
12. Nogin V. D. Linear convolution in multi-criteria optimization problems // Artificial intelligence and decision-making. 2014. No. 4. P. 73 - 82.
13. Blumberg V. A., Glushchenko, V. F., Which solution is best? The method of setting priorities. - L: Len-Izdat, 1982. -160 p.
14. Lazarev Yu. G. Technology of transport processes. / Y. G. Lazarev, E. B., Sinitsyn, S. V. Ugolkov // tutorial / St. Petersburg, 2016. 56 p

KEY TO SUCCESS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT INDUSTRY MEDICAL INSTRUMENT OPTIMIZATION OF THE ORGANIZATIONAL STRUCTURE OF THE INDUSTRY

EA Koricheva,

*State budgetary educational institution of higher professional education Moscow region "University of
Technology", 140070, the city Korolev, Moscow region*

References

1. Belogurov V. P. osnovy of management: Studies. manual. - Kharkov: Konsum, 2003. – 462 p.
2. . Latta, John.K. The efficiency of organization management// – M.: Russian Business Literature. - 1999. – 320 p.
3. Lafta John.K. Organization theory// – M.: TK Led-bi, the Publishing house of the Prospectus. - 2006. – 416 p
4. Mazur I. I., Shapiro V. D. Restructuring of enterprises and companies: Textbook. manual. for universities// Moscow: ZAO "Publisher "Economy". - 2001. – 456c.
5. Meskon M. H., Albert M., Hedouri F. Fundamentals of management. – M.: Business, 1993. – 702c.
6. Smirnov S. V., Murashova, E. P. Organizational behavior: Textbook. manual. – M.: MGIU, 1999. – 67 p.
7. Veselovsky, M. I. sustainable development of industrial enterprises in conditions of economic instability// MIR (Modernization, Innovation, Development). -2015. – Vol. 6 3(23). – P. 124-130.
8. Koricheva, E. A. Russian medical device-nastroenie//Technical and technological problems of the service: scientific-technical journal. – 2015. -№4(34). - S. 83-87.
9. Koricheva, E. A. the establishment of the centre for the development of medical instrumentation as a factor in ensuring the sustainability of the industries//Journal of legal and economic studies. – 2015. - No. 4. – S. 102-106.
10. Koricheva, E. A. Stimulation of innovations as the basis of formation of competitive strategies of enterprises of medical engineering//Technical and technological problems of service. – 2015. -№3(33). - P. 63-69.
11. Fedotov, A. V. Determinants of innovative development of industrial enterprises// Management of economic systems: electronic scientific journal. – 2014. –№ 2 (62). – S. 31-35.
12. Veselovsky M. Y., Kirova I. V., Reznikova A. V., O. A. Rybchichuk Main lines of innovative management in the Moscow Region// Life Science Journal. -2014. –Vol. 11. –N. 12. –P. 252-254.
13. Medprom 2020.Relevant industry information. The development of the medical industry. Electronic resource. Mode of access: <http://www.medprom2020.ru> (date accessed: 6.11.2015).

THE METHODOLOGICAL ASPECTS OF ENSURING LIFE SAFETY

A. L. Pastukhov, Yu. N. Vlasov

*Sankt Petersburg State University of Economics (SPbGEU),
191023, St. Petersburg, Sadovaya, 21*

References

1. Lepes G. V. Energy Efficiency as a basis of security of life in technosphere. /Technical-and-technological problems of the service. 2016. No. 2(36). C. 3-6.
2. Life safety [electronic resource] // access Mode: <http://www.mepi77.com/doc/bjd.pdf> (accessed 08.04.2017).
3. Principles of security: Pro-which is accompanied, technical, organizational, driven-cal [electronic resource] // access Mode: <http://dinamitri494.livejournal.com/20465.html> (accessed 08.04.2017).
4. Pastukhov A. L. Indicators of efficiency of knowledge management in University complexes / problems of the economic development of service sphere in the region: materials of V International scientific-practical conference (April 21, 2011, Syktyvkar): in 2 volumes.- Volume 2.- Syktyvkar: SF, Spbguse, 2011.- 351 p
5. Pastukhov A. L. Knowledge Management/ A. L. Shepherds. - SPb.: Publishing house of Spbguse, 2011.-186 C.
6. Pastukhov A. L. Economic and legal aspects of ecology and resource // Main re-source, the potential and prospects of development of ecological education in the southern Urals: materials of the regional hearings on the issues of ecological education in Chelyabinsk region. Chelyabinsk, Cicero, 2007.- P. 53-54
7. Pastukhov A. L. Methods of risk analysis and management in the system of strategic development of regions / Pastukhov A. L., G. D. Drozdov // Socio-economic development of regions: trends, grade a, efficiency: the call. monograph / V. V. Tsiganov [et al.]; under scientific. ed doctor of Economics, Professor ciganova Vladimir – Gatchina. Ed.: GIFT, 2016. – S. 170-178

THE DEVELOPMENT OF ENGINEERING AND SOCIAL INFRASTRUCTURE ON THE BASIS OF THE STRATEGY OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIPS

O. D. Ugolnikova

*Sankt Petersburg State University of Economics (SPbGEU),
191023, St. Petersburg, Sadovaya, 21*

The article describes the development and implementation of public-private partnerships at the present stage of economic development of Russia. The analysis of the types of projects announced for implementation on the example of the region and related to engineering and social infrastructure. The arguments confirming the need for a strategy of PPP development because of the special role of this instrument for investment infrastructure projects.

Keywords: public-private partnership, investment, project types, engineering in-frastructure, social infrastructure.

References

1. Federal Law "On public-private partnership, municipal-private partnership in the Russian Federation and modification of separate legal acts of the Russian Federation" N 224-FZ dated July 13, 2015
2. The Institute of PPP. [text]. URL: p3institute.ru (accessed 05.02.2017)

ECONOMIC ASPECTS OF HIGH-TECH CARE AND SERVICES FOR EXAMPLE MEDICAL CARE AND REHABILITATION

V. V. Ugolnikov, E. I. Lubinskaya

*Sankt Petersburg State University of Economics (SPbGEU),
191023, St. Petersburg, Sadovaya, 21*

Northwest Federal Medical Research Center (NFMRC) of V. A. Almazov of the Russian Ministry of Health, 197341, St. Petersburg, Akkuratov St., 2

In article problems of an economic assessment of the hi-tech medical care (HTMC) and the medical rehabilitation (MR) are formulated. The model of the VMP and MR uniform block as consecutive process is described. On the basis of a practical research the conclusions about medical, social and economic efficiency of VMP and medical rehabilitation are drawn. Approaches to the proof of economic efficiency of medical rehabilitation are offered.

Keywords: health, high-tech medical care, medical rehabilitation, private investment, economic efficiency.

References

1. The federal law of 21.11.2011 N 323-FZ (an edition of 03.04.2017) "About bases of health protection of citizens in the Russian Federation". Al. egalacts.ru resource >doc/FZ-ob-osnovah zdorovja-grazhdan.
2. Demchenko E. A., Ugolnikov V. V., Lubinskaya E. I. Problems of an assessment of economic efficiency of medical aftertreatment//Technological prospect within the Euroasian space: new markets and points of economic body height. Materials of the 1st International conference / Under the editorship of the prof. N. S. Voronovoy, V. S. Voronov, O. N. Korab-leva – SPb: Publishing house NPK "ROST", 2015. – P. 206 - 208.
3. Demchenko E. A., Lubin E.I., Ugolnikov V. V., Nikolaeva O. B. Problems of rendering a hi-tech medical care on the "cardiovascular surgery" profile: economic aspect//Collection of scientific works of Sworld on materials of the international scientific and practical conference. 2011. – T.27, No. 1. – P. 23-33.
4. Lubin, E.I. Clinical and social and economic performance of versatile aftertreatment of the patients with coronary heart disease who transferred planned coronary shunting. – Yew. on соиск. Wuchang. step. PhDs in Medicine., Federal State Budgetary Institution Federal Center of Heart, Blood and Endocrinology of V. A. Almazov of the Russian Ministry of Health, SPb, 2013.
5. Squares V. V. State-private partnership. Development of a hi-tech medical care: monograph / O. D. Ugolnikova, A. P. Petrov, V. V. Ugolnikov. Public-private partnership as condition of competitive development of economy. – SPb.: Publishing house СПбГУСЭ, 2013. – 179 pages (P.52-83).
6. Squares V. V. Development of the organizational and economic mechanism of rendering a hi-tech medical care: conceptual aspect//Materials of the 2nd International scientific and practical conference "Development of Economic and Branch Sciences in the 21st Century". – Novosibirsk: Scientific institute of global and regional economy (NIGRE), 2014. – P.74-77.

**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://unecon.ru/zhurnal-ttps>).

Материалы для публикации должны сопровождаться: электронной версией статьи, представленной в формате редактора MicrosoftWord (CD-R, CD-RW, DVD или отправленные по e-mail).

Статья должна содержать следующие реквизиты:

- индекс универсальной десятичной классификации литературы (УДК);
- название статьи на русском и английском языках;
- фамилию имя отчество автора (авторов) полностью с указанием должности, звания, телефона и электронного адреса;
- полное наименование организации с указанием почтового индекса и адреса;
- аннотацию из 10 – 30 слов на русском и английском языках;
- 3 – 7 ключевых слова или словосочетания на русском и английском языках;
- текст статьи (8 – 15 страниц (14 шт.), 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 TimesNewRoman. Интервал текста кратный, без дополнительных интервалов. Лишние пробелы между словами не допускаются. Форматирование текста (выравнивание, отступы, переносы, интервалы и др.) должно производиться автоматически.

Иллюстрации представляются в графических редакторах MSWindows. Все иллюстрации сопровождаются подписанными подписями (не повторяющимися 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 подписанные 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.

ISSN 2074-1146

Журнал зарегистрирован
в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных тех-
нологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации средства массовой информации –
ПИ № ТУ 78-01571 от 12 мая 2014 г.

Журнал входит в Российский индекс научного цитирования
http://elibrary.ru/title_about.asp?id=28520

Электронная версия журнала расположена по адресу:
<http://unescon.ru/zhurnal-ttps>
Подписной индекс в каталоге «Журналы России» –95008.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Технико-технологические проблемы сервиса **№1(39)/2017**

Подписано в печать 15.03.2017 г. Формат 60 x 84¹/₈. Бумага офсетная. Гарнитура TimesNewRoman. Печать офсетная. Объем 12,0 п.л. Тираж 500 экз. Заказ № 265

Адрес издателя и типографии: 191023, Санкт-Петербург, Садовая ул., д. 21
Отпечатано на полиграфической базе СПбГЭУ.