

ЗОРКАЛЬЦЕВ В.И.

**МНОГОЛЕТНИЕ КОЛЕБАНИЯ ТЕМПЕРАТУР И
ПРОБЛЕМЫ НАДЕЖНОСТИ
ТОПЛИВОСНАБЖЕНИЯ**

**Иркутск
2015**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт систем энергетики имени Л.А. Мелентьева
Сибирского отделения Российской Академии Наук

В.И. Зоркальцев

**Многолетние колебания температур и проблемы
надежности топливоснабжения**

Иркутск
2015

УДК 620.9

3 86

Зоркальцев В.И. Многолетние колебания температур и проблемы надежности топливоснабжения. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2015. – 84 с.

ISBN 978-5-93908-146-7.

Представлены результаты исследований колебаний температур воздуха в зимний период и продолжительность отопительных периодов для всех экономических районов бывшего СССР на основе данных метеорологических наблюдений с 1881 года. Обсуждаются закономерности этих отклонений. Рассматривается их влияние на надежность топливоснабжения. Обсуждаются методологические вопросы в исследованиях временных рядов метеорологических наблюдений.

Изложены результаты сравнительного исследования климатических особенностей стран северного полушария и их влияния на экономику и энергетику этих стран.

Исследования выполняются при поддержке РФФИ, грант № 15-07-07412.

Рецензенты:

*доктор технических наук Иваньо Я.М.,
доктор географических наук Сыроева Н.М.,
кандидат технических наук Дзюбина Т.В.*

ISBN 978-5-93908-146-7

© Институт систем энергетики
им. Л.А. Мелентьева СО РАН, 2015
© Зоркальцев В.И., 2015

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ПРОБЛЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ФЛУКТУАЦИЙ ПРОЦЕССОВ ТОПЛИВОСНАБЖЕНИЯ	10
2. «ГРАДУСОДНИ» - ИЗМЕРИТЕЛИ СУРОВОСТИ КЛИМАТА: ТРИ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕГИОНОВ	15
3. ДИАПАЗОНЫ И ИНТЕНСИВНОСТИ КОЛЕБАНИЙ ПОТРЕБНОСТИ В ТОПЛИВЕ НА ОТОПЛЕНИЕ.....	26
5. ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ АГРЕГИРОВАНИЕ	36
6. РОЛЬ КОЛЕБАНИЙ СРЕДНЕЗИМНИХ ТЕМПЕРАТУР И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЕЙ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПЕРИОДОВ В КОЛЕБАНИЯХ ПОТРЕБНОСТИ В ТОПЛИВЕ НА ОТОПЛЕНИЕ.....	40
7. ЧАСТОТА И АССИНХРОННОСТЬ ОТКЛОНЕНИЙ РАЗНОЙ ИНТЕНСИВ- НОСТИ	42
8. СИНХРОННОСТЬ ОТКЛОНЕНИЙ ПОТРЕБНОСТИ В ТОПЛИВЕ НА ОТОПЛЕНИЕ ПО РЕГИОНАМ	46
9. НАБЛЮДАЕТСЯ ЛИ ПОТЕПЛЕНИЕ?.....	48
10. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	54
ПРИЛОЖЕНИЕ. КЛИМАТ И ЭКОНОМИКА: РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА СТРАН СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ.....	59
1. Цель исследования	59
2. Две особенности российской экономики.....	60
3. Климатические показатели.....	64
4. Измерители степени суровости климата: продолжительность отопительного периода, средние зимние температуры, «градусодни»	67
5. Климат и уровень жизни	70
6. Обсуждение.....	74
ЛИТЕРАТУРА	77

ВВЕДЕНИЕ

В данной книге обобщены результаты исследований многолетних колебаний температур воздуха на территории бывшего СССР и связанных с этим проблем надежности и маневренности топливоснабжения страны и регионов. Частично эти результаты ранее были опубликованы в отдельных препринтах, статьях и в разделах монографий.

Научно-практической целью этих исследований было изучение регулярных и случайных флуктуаций процессов энергоснабжения, определение рационального состава средств обеспечения надежности топливоснабжения. При этом особое внимание уделялось изучению действия природно-метеорологических факторов.

Научно-методической целью представленных здесь исследований являлась разработка, теоретическое обоснование и практическое использование математических методов и моделей для исследования регулярных и случайных возмущений энергоснабжения. Целью данной книги является также изложение нерешенных методических проблем в разработке математических методов для изучения флуктуаций временных рядов. Полагаю, что обсуждение нерешенных проблем будет полезным последующим исследователям.

Исследования, представленные в данной книге, опирались на работы многих предшественников и коллег из разных регионов СССР. В том числе на работы М.А. Великанова, Л.Н. Видгопа, С.П. Гладковой, П.В. Горюнов, В.А. Забергса, Ю.Я. Мазура, М.М. Мытус, А.С. Некрасова, Т.М. Полянской, А.М. Резниковского, Ю.В. Синяк, Ю.Н. Руденко, М.Я. Фурмана, М.Б. Чельцова, Л.С. Хрилева и других ученых [1–32]. В связи с кризисом 90-х годов в российской экономике и в науке, исследования по проблемам маневренности и надежности топливоснабжения, проводившиеся ранее «широким фронтом» в СССР, повсеместно были свернуты.

Сильно ухудшилась сама ситуация с обеспечением надежности энергоснабжения в том числе топливообеспечения. В частности перестал действовать отлаженный ранее механизм подготовки страны к следующей зиме. В начале 90-х годов по инициативе А.С. Некрасова с моим участием было даже подготовлено специальное письмо правительству с предупреждением об большой опасности наметившейся тенденции к снижению надежности энергоснабжения населения и предприятий.

Можно радоваться, что в 90-х годах удалось избежать крупных неприятностей с энергообеспечением. Это объясняется тремя факторами. Во-первых, появлением относительного избытка электрических и тепловых мощностей, отдельных видов топлива из-за резкого падения спроса на энергоресурсы в результате сокращения производственной деятельности в стране.

Во-вторых, хорошо проявившейся самоорганизацией коммунально-бытовых предприятий и служб. Уместно будет напомнить, например, о таком факте. Известная организация «Сибирское соглашение» объединившая руководство областей, краев и республик Западной и Восточной Сибири изначально формировалась работниками коммунальных служб и предприятий в целях совместного решения стоящей перед ними производственной проблемы.

Третья, очень важная причина отсутствия больших провалов в энергообеспечении России в 90-х годах и в начале 2000-х годов – наступившее в эти десятилетия потепление климата во всех регионах России. Наша страна сильно зависит от эффективности и надежности энергоснабжения, прежде всего потому, что значительная часть ее территории расположена в зоне холодного климата. И обычно крупные проблемы энергообеспечения возникают в холодные периоды. Повезло, что очень холодных зим не было. С начала 90-х годов наблюдался явный тренд к потеплению.

Этот тренд рано или поздно может закончиться. Возникшие в результате системного экономического кризиса 90-х годов избытки энергетических мощностей постепенно сокращаются. Все чаще возникают локальные и крупномасштабные ситуации с ограничениями по разным причинам энергоснабжения в

разных регионах нашей страны. Никто не отменял и такой «закон природы»: холодные зимы в нашей стране наступают в тот период, когда становится наиболее низкая надежность энергоснабжения. Наконец есть некоторые основания утверждать, что активно проявившаяся в 90-х годах прошлого века тенденция к потеплению закончилась и в последние годы меняется на тенденцию к общему похолоданию.

Снижению надежности энергоснабжения способствует и активно осуществляемый переход к «рыночным» отношениям в энергоснабжении. Все это делает необходимым возрождение исследований по проблемам надежности энергоснабжения предприятий и населения. Надеюсь, что данная книга будет полезна для возрождения и развития таких исследований.

* * *

Началом представленных здесь исследований послужила подготовка статьи [33], посвященной выявлению и анализу сезонных колебаний в промышленности СССР. Инициаторами этой работы были мои научные руководители в период обучения в Новосибирском государственном университете Б.П. Орлов и Г.И. Ханин. После того как я закончил экономический факультет НГУ и получил распределение в г. Иркутск в Сибирский энергетический институт СО АН СССР они, посоветовавшись между собой, предложили мне заняться анализом ежемесячно публикуемых данных об объемах производства отдельных видов промышленной продукции в СССР. Это привело к исследованиям методов выделения и прогнозирования тренда и сезонных колебаний временных рядов, что нашло ряд приложений в энергетике. В том числе в исследованиях по краткосрочному прогнозированию электропотребления (выполнявшиеся для Центрального диспетчерского управления ОЭЭС Сибири), по краткосрочному прогнозированию топливопотребления (разработки, выполнявшиеся для Главного вычислительного центра Госнаба СССР).

По инициативе А.А. Макарова эти исследования были трансформированы к изучению проблемы краткосрочного планирования и оперативного управления системой топливоснабжения страны. Это составило предмет кандидатской и затем докторской диссертаций [34, 35]. Важным этапом этих исследований было участие в анализе сложившейся к 70-м годам системы управления функционирования и развитием топливно-энергетического комплекса по инициативе и под руководством Ю.Н. Руденко, а также участие в разработках по проблемам обеспечения устойчивости систем энергоснабжения страны к крупномасштабным возмущениям [35–37]. Это предавало уверенность в большой практической значимости исследований, которые представлены в данной книге.

* * *

В представленных здесь исследованиях активное участие в 70-х годах принимали ряд сотрудников Сибирского энергетического института СО АН СССР в 1970-х годах, в т.ч. В.В. Шевелев, Г.Н. Нугуманова, Т.В. Ушакова, Е.И. Куменко, Р.Б. Фагтахов, Н.И. Пяткова [36, 38–44]. В 80-х годах эти исследования проводились в Отделе энергетики Коми научного центра АН СССР с помощью Е.Н. Ивановой, В.В. Ушанова, Ю.И. Колобова, В.Н. Массуновой, Ю.А. Шарапова, Г.Л. Балабановой [45–52]. Необходимо особо отметить проявленный большой интерес и активную помощь этим исследованиям коллектива Научно-тематического центра Совета Министров СССР, возглавлявшегося А.Н. Сафоновым.

В последние годы была сделана попытка возродить эти исследования в Институте систем энергетики СО РАН с участием Е.В. Губий и И.И. Хажеева [53-56]. Увы, эта удачно стартовавшая попытка к настоящему времени свернула.

В данной книге ограничимся изложением результатов изучения свойств и закономерностей колебаний потребностей в теплоэнергии и в топливе на отопление по данным многолетних наблюдений температур. Исходной инфор-

мационной основой для этих исследований послужили предоставленные в 80-х годах Научно-тематическим центром Совета министров СССР данные о среднемесячных температурах по всем экономическим районам СССР [57].

Здесь отражены три составляющие исследований.

1. Постановки и методы решения задач анализа временных рядов данных о температурах для целей исследования колебаний потребности в теплоэнергии и в топливе на отопление.

2. Имеющиеся методические проблемы.

3. Содержательные результаты. Выявленные свойства и взаимосвязи многолетних вариаций по регионам температур, характеризующие возможные колебания потребности в энергии на отопление.

В дальнейшем планируется дополнить данную монографию изложением результатов исследований по разработке методов выделения тренда и сезонных колебаний временных рядов, а также по разработке математических моделей для определения рационального состава средств обеспечения надежности топливоснабжения. Можно надеяться, что эти методические наработки и полученные результаты будут полезны для возрождения таких исследований в XXI веке.

В конце монографии в виде приложения представлены исследования климатических особенностей некоторых стран северного полушария и влияния этих особенностей на экономику и электроэнергетику этих стран. Это приложение написано на базе статьи опубликованной в соавторстве с И.И. Хажеевым в журнале ЭКО [58].

Автор выражает благодарность рецензентам за поддержку издания этой книги:

проректору Иркутского Государственного Аграрного Университета,
д.т.н. Иванько Я.М.;

заведующей Отделом Региональных Социально-экономических проблем
Иркутского Научного Центра СО РАН, д.г.н. Сыроевой Н.М.;

старшему научному сотруднику Института Систем энергетики СО РАН,
к.т.н. Дзюбиной Т.В..

Существенную помощь в редактировании данной книге оказали Мокрый
И.В., Пержабинский С.М., Дзюбина Т.В. Большую работу по набору текста и
оформлению книги выполнила Гусевская А. А.

1. ПРОБЛЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ФЛУКТУАЦИЙ ПРОЦЕССОВ ТОПЛИВОСНАБЖЕНИЯ

Система топливоснабжения России включает предприятия, установки и сооружения, предназначенные для обеспечения нужд экономики в горючих природных ресурсах. Эта система обеспечивает добычу, переработку, транспортировку, хранение и распределение топлива по конечным его потребителям. Она включает отраслевые системы снабжения твердым топливом (уголь, дрова, торф, горючие сланцы), жидким топливом (нефть, газовый конденсат, нефтепродукты, сниженный газ) и газом.

Наряду с приведенным делением на три подсистемы по физическому состоянию топлива (твердое, жидкое, газообразное) существует также деление системы топливоснабжения страны по направлениям конечного использования топлива. Обычно выделяют три основных области использования: 1) котельно-печное топливо, 2) моторное топливо (используемое в двигателях внутреннего сгорания и в реактивных двигателях), 3) технологическое топливо (служащее сырьем для производства разных видов продукции). В данной книге мы ограничимся рассмотрением котельно-печного топлива.

Система топливоснабжения является центральным звеном энергетического комплекса, включающего также электроэнергетику, теплоэнергетику и ядерную энергетику.

В настоящее время доля всех видов ископаемых топлив (уголь, торф, сланцы, газ, нефть) составляет более 90% от общего объема энергоресурсов получаемых в России от природы. Топливо – основной источник получения преобразованных видов энергии: более 80% электро- и теплоэнергии производится его сжиганием. Несмотря на то, что значительная часть топлива идет на получение пара, горячей воды и электроэнергии, доля его в конечном потреблении энергоресурсов велика – она составляет более 80%. При этом значительная часть добываемого в стране топлива (прежде всего нефть, природный газ, уголь) экспортируются.

Необходимость совместного рассмотрения всех составляющих системы топливоснабжения обусловлена тесной технологической взаимосвязью всех составляющих этой системы и наличием взаимозаменяемости отдельных видов топлива при их производстве и, особенно, в конечном потреблении. В частности существует возможность взаимозаменяемости разных видов котельно-печного топлива за счет использования установок с двойной топливоподачей и путем перераспределения нагрузок между электростанциями, работающими на разных видах первичных энергоресурсов.

Виды неравномерностей процессов топливоснабжения. Неравномерности процессов топливоснабжения можно разделять на регулярные и случайные (рис.1). К регулярным относятся периодически повторяющиеся колебания: суточные, недельные, сезонные. Случайные колебания также можно разделить по продолжительности их проявления. Можно выделять в среднем взаимопогашаемые в течение года внутригодовые случайные возмущения. Отклонения, выходящие за рамки года, составляют многолетние колебания. Они проявляются в итоговых годовых показателях.



Рис. 1. Виды неравномерностей процессов топливоснабжения и способы их регулирования.

Регулярные колебания в процессах производства, транспорта и потребления топлива, обусловленные внутрисуточными и недельными ритмами работы предприятий, регулируются главным образом за счёт локальных средств резервирования – прежде всего за счёт запасов топлива на предприятиях и в транспортной сети. Наиболее важное значение в управлении системой топливоснабжения страны имеет проблема регулирования сезонных колебаний.

Сезонные колебания процессов топливоснабжения обусловлены изменением природных условий и воздействием некоторых социально-экономических факторов. На систему топливоснабжения сезонные факторы воздействуют как со стороны производства, так и со стороны потребления. К факторам, формирующим внутригодовые изменения объемов производства топлива, относятся: проведение основной массы отпусков и ремонтов в летнее время; ухудшение условий добычи угля карьерным способом зимой и шахтным летом; ухудшение условий для строительных и буровых работ в средней полосе России зимой, а в районах Средней Азии и Тюменской области летом; внутригодовые закономерности в принятии различного рода постановлений по итогам и перспективам развития топливных и других отраслей.

На внутригодовую динамику топливопотребления существенное влияние оказывает как изменение в течение года температуры воздуха, так и сезонные колебания объемов выпуска продукции отраслями – потребителями топлива. В свою очередь изменение в течение года температуры воздуха воздействует на сезонные колебания топливопотребления через изменения объемов топлива, сжигаемого на отопительные нужды, и через изменения к.п.д. топливоиспользующих установок. Например, удельный расход топлива на выработку электроэнергии в зимнее время ниже, а в летний период выше по сравнению со среднегодовым уровнем.

Случайные флуктуации, также как и регулярные колебания, возникают на всех этапах технологической цепочки в системе топливоснабжения. Источниками нерегулярных возмущений в функционировании системы топливоснабжения могут служить изменения природно-климатических условий, аварии, изме-

нения внешнеэкономической и внешнеполитической ситуации, просчеты при планировании производства, транспорта и потребления энергоресурсов, резкие структурные изменения в экономике и другие факторы. Например, даже сравнительно небольшие отклонения температуры воздуха в 2–3 градуса, по сравнению со среднемноголетними за отдельные месяцы отопительного сезона, в масштабах крупного региона могут приводить к изменениям объемов топливопотребления на миллионы тонн условного топлива. Известно, что прогнозы температуры даже с небольшой заблаговременностью далеко не всегда точны и в технико-экономических расчетах к ожидаемой температуре воздуха следует относиться, как к случайной величине.

Существенные погрешности возможны также при расчетах потребностей в топливе на технологические нужды. Так, при определении потребности в топливе нормативными методами возможно наложение нескольких погрешностей: в определении объемов производства отраслей – потребителей топлива, в расчетах норм расхода топлива, а также при задании калорийных эквивалентов отдельных видов топлива. Просчеты при планировании, аварии, срывы в поставках вагонов привносят случайные возмущения в технологические возможности системы топливоснабжения.

На рис. 2 приведена одна из возможных классификаций возмущений, влияющих на функционирование систем энергетики. По продолжительности проявления эти возмущения можно разделить на три уровня. Возмущения первого уровня могут привести к кратковременному, измеряемому сутками, дефициту энергоресурсов. Для их компенсации могут служить аварийные, ремонтные резервы, текущие (в т.ч. сезонные) запасы топлива в период, когда они накапливаются или еще не сработаны. Последствия от возмущений второго и третьего уровня могут охватывать период от нескольких месяцев до года и более. Они могут привести к наиболее тяжелым последствиям в случае отсутствия должных резервов.

Любое из отмеченных на схеме возмущений может проявляться с разной интенсивностью, по-разному сказываться на функционировании ТЭК. Чаще

возникают небольшие относительно масштабов ТЭЖ возмущения, выражающиеся в изменениях объемов производства, возможности транспорта или объемов потребления в пределах десятков или тысяч тонн топлива в условном исчислении. Такие возмущения, как правило, компенсируются за счет локальных средств маневрирования ресурсами на уровне предприятий, отраслей или регионов.

Наряду с относительно небольшими возмущениями ТЭЖ может испытывать и крупномасштабные воздействия, выражающиеся в сотнях тысяч и миллионах тонн условного топлива.

Одним из таких крупномасштабных возмущений являются многолетние колебания температур воздуха, ведущие к отклонениям потребности в теплоэнергии и топливе. В последующих разделах будут представлены результаты исследования свойств и закономерностей таких колебаний температур.

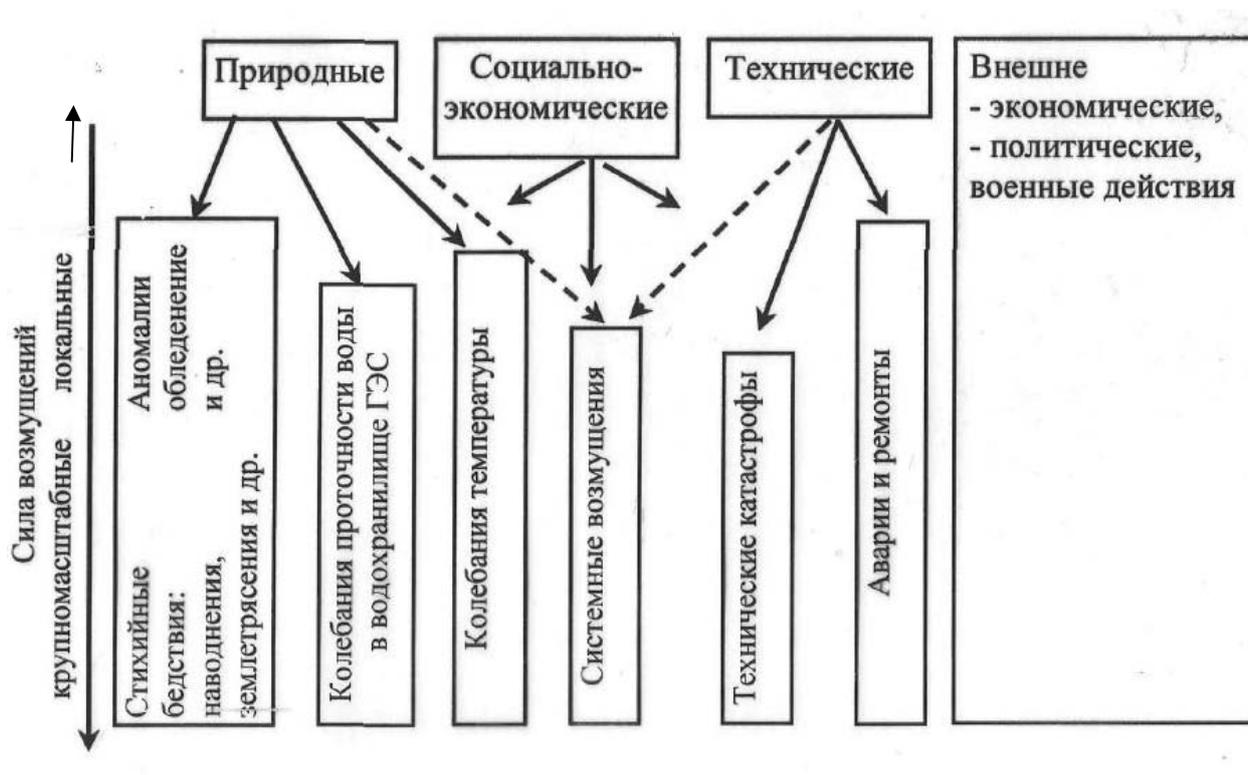


Рис. 2. Классификация источников возмущений в системах энергоснабжения.

2. «ГРАДУСОДНИ» - ИЗМЕРИТЕЛИ СУРОВОСТИ КЛИМАТА: ТРИ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕГИОНОВ

Накопленные за многие десятилетия метеорологические наблюдения позволяют оценивать, какие зимы могут быть, вероятность наступления теплых и холодных зим, и на основе этого определять рациональный состав мероприятий для противодействия возможным негативным ситуациям. Надо различать два типа негативных ситуаций для энергообеспечения, которые нередко проявляются в одни и те же зимы.

1. Экстремально низкие температуры в течение ряда дней (обычно в декабре–феврале). В такие периоды возрастает вероятность отказов (из-за ухудшения условий эксплуатации и роста нагрузок) систем теплоснабжения, электрических сетей, газоснабжающих систем.

Часто одновременно выходят из строя резервирующие друг друга тепло-трассы, линии электропередач, газопроводы. Причем иногда отказы происходят одновременно сразу у нескольких систем энергообеспечения. Например, аварийный выход системы теплоснабжения ведет к увеличению электрических нагрузок из-за возрастания отопления с помощью обогревательных электроприборов. Что приводит к выходу из строя перегруженных электрических сетей.

Или, наоборот, отключение электроснабжения становится причиной ухудшения работы и отказа систем теплоснабжения. Перебои с газоснабжением крупных городских ТЭЦ, работающих на газе, или перебои с подачей угля из-за его смерзания на угольных ТЭЦ могут стать причиной больших проблем одновременно в теплоснабжении и электроснабжении отдельных территорий.

При этом из-за морозов бывают затруднены ремонтные и восстановительные работы. Нередко из-за холодов возникают временные проблемы с подвозом (перебои в погрузке топлива или в работе железнодорожного транспорта) и с разгрузкой топлива (смерзание угля в вагонах), в использовании резервного топлива (увеличение вязкости мазута). В холодные дни резко возрастает потери

и ущербы от аварийных ситуаций, риски для жизни людей. Все это говорит о необходимости системного исследования надежности энергообеспечения в экстремальных ситуациях с учетом имеющихся взаимосвязей отдельных отраслевых систем энергетики.

2. Возрастающая потребность в топливе на отопление в холодные зимы, что может приводить к нехватке топлива и вследствие этого к ограничениям и перебоям в теплообеспечении и электроснабжении.

Весь бывший СССР – это территория холодного климата, хотя и в разной степени в разных регионах. Есть Кавказ и районы Средней Азии, где среднемесячная температура, хотя и отрицательная в январе, зато в остальные месяцы года уже только положительная. А есть регионы Сибири и Дальнего Востока, где положительная температура бывает только в течение трех месяцев в году.

Какой район в северном полушарии земли является самым суровым? Конечно Оймякон – «полюс холода», расположенный в Якутии. Здесь достигаются рекордные холода в отдельные дни. Среднегодовая и среднемесячные температуры здесь ниже, чем у всех районов Земли, кроме Антарктики. Конечно, уровни и диапазоны колебаний температуры не единственные и не всегда абсолютно бесспорные показатели степени суровости климата. Полагаю, многие сибиряки согласятся, что -15°C в центральной Сибири это намного лучше, чем -5°C в Москве или Санкт-Петербурге. Надо учитывать комплексное воздействие разных факторов (в т.ч. влажность, силу ветра).

В «доперестроечный» советский период измерителями суровости климата служили так называемые районные коэффициенты заработной платы. В то время использовалась единая по всей стране тарифная сетка должностных окладов и расценок за выполняемые работы для всех категорий работников вне зависимости от ведомственной принадлежности предприятий. Эти оклады и расценки для работающих в более холодных или более суровых по другим параметрам (пустыни, горы) районам умножались на специально утвержденные правительством коэффициенты. Скажем, в Новосибирске коэффициент был равен 1.2, то есть условия проживания на юге Западной Сибири признавались на 20% более

трудными, чем в Украине и южной части России. В Иркутске этот коэффициент составлял 1.4. А в более удаленных северных территориях этот коэффициент достигал 2 и даже в некоторых случаях больших значений.

Конечно, районный коэффициент нельзя рассматривать в полной мере как измеритель степени суровости природно-климатических условий. Это был скорее стимулирующий показатель, обеспечивающий в совокупности с другими мерами (поясные цены, льготы по отпускам и пенсиям) необходимую степень привлекательности различных регионов при регулировании миграционных потоков.

Безусловно, выбор измерения степени суровости климата должен зависеть от конкретных целей, для которых строится этот измеритель. Нашей целью является изучение колебаний расходов топлива на отопление в зависимости от того, насколько будет теплая или холодная зима. Вполне естественно считать, что расход топлива на отопление пропорционален теплоэнергии необходимой для отопления. А расход теплоэнергии в отдельные сутки пропорционален, согласно законам теплопроводности, разнице температур внутри и вовне отапливаемого помещения. Температуру вне здания можем узнать из метеорологических наблюдений.

Внутри здания могут быть разные температуры. Нормативом для детских учреждений является температура в 24°C . Для жилых помещений может за норматив приниматься температура в 20°C . Для служебных помещений нормативом комфортной деятельности считается температура в 18°C . В производственных помещениях, складах температура воздуха может составлять 14°C и даже ниже. В представленных далее результатах расчетов принято для определенности значение температуры внутри здания равное 18°C . Таким образом, считаем, что расход топлива на отопление в данный день пропорционален разнице между 18°C и среднесуточной температурой наружного воздуха в этот день.

Итак, в качестве основного показателя для проведения исследований колебаний потребностей в топливе на отопление будем рассматривать показатель **интегральной разности температур** внутри и вне здания за все сутки отопительного периода, измеряемый в «градусоднях». Этот показатель можно представить в виде произведения двух других показателей, также являющихся важными природно-метеорологическими характеристиками регионов.

Одним из них является **продолжительность отопительного периода** (измеряемая в днях). В представленных далее расчетах считается, что отопительный период наступает после того, как в данном районе в течение пяти суток среднесуточная температура воздуха была ниже 8°C . Соответственно заканчивается отопительный период после того, как температура воздуха была выше 8°C в течение пяти суток. Второй показатель – **средняя за отопительный период разность температур внутри и вне здания**.

Пусть $r = 1, \dots, k$ номера регионов, $\tau = 1, \dots, T$ номера исследуемых периодов. Здесь k - общее количество выделяемых регионов, T - количество рассматриваемых отопительных периодов. Обозначим N_{τ}^r - продолжительность в днях отопительного периода τ . Показатель интегральной разности температур в районе r за отопительный период τ соответствует величине

$$B_{\tau}^r = \sum_{i=1}^{N_{\tau}^r} (\hat{t} - t_{\tau i}^r), \quad \tau = 1, \dots, T. \quad (1)$$

Здесь \hat{t} - нормативное значение температуры внутри здания, $t_{\tau i}^r$ - температура наружного воздуха в день i отопительного периода τ в регионе r . В приводимых далее расчетах, как отмечалось, величина \hat{t} полагалась равной 18°C .

Исходя из показателей B_{τ}^r , N_{τ}^r можно рассчитать среднюю за данный отопительный период разность температур внутри и вне здания

$$C_{\tau}^r = B_{\tau}^r / N_{\tau}^r. \quad (2)$$

От этого показателя легко перейти к величине средней за отопительный период τ температуры воздуха в районе r ,

$$S_{\tau}^r = \hat{t} - C_{\tau}^r . \quad (3)$$

Усреднение. Важными для многих целей природно-климатическими характеристиками экономических регионов являются средние за все рассматриваемые периоды показатели:

– среднемноголетняя интегральная разность температур

$$\bar{B}^r = \frac{1}{T} \sum_{\tau=1}^T B_{\tau}^r ; \quad (4)$$

– средняя продолжительность отопительных периодов

$$\bar{N}^r = \frac{1}{T} \sum_{\tau=1}^T N_{\tau}^r ; \quad (5)$$

– среднесуточные разности температур внутри и вне здания

$$\bar{C}^r = \bar{B}^r / \bar{N}^r ; \quad (6)$$

– средняя температура за отопительный период по многолетним наблюдениям

$$\bar{S}^r = \hat{t} - \bar{C}^r . \quad (7)$$

Замечания. В излагаемых здесь результатах расчета использовались специальные подготовленные данные Гидрометцентра СССР о среднемесячных температурах и продолжительных отопительных периодах с 1881 по 1978 гг. [57]. При этом рассматривались усреднённые показатели температур, дат начала и окончания отопительных периодов по довольно широким территориальным образованиям – по 18 экономическим регионам СССР. Эти районы наглядно представлены на приводимой карте. Каждый из экономических районов включает несколько областей, краев или автономных республик. Проблема территориального усреднения метеорологических данных – одна из нуждающихся в специальном дополнительном исследовании.

Проблема расчета средних значений продолжительности отопительных периодов и среднесуточной разности температур. Формула (6) означает, что средняя разность температур за отопительный период определяется как взвешенная средняя арифметическая от средних разностей температур внутри и вне здания отопительных периодов

$$\bar{C}^r = \sum_{\tau=1}^T \alpha_{\tau}^r C_{\tau}^r, \quad (8)$$

где

$$\alpha_{\tau}^r = N_{\tau}^r / (T \bar{N}^r) \quad (9)$$

– веса пропорциональные продолжительности отопительных периодов.

Действительно из (6), используя (4), затем (2) и (9), имеем

$$\bar{C}^r = \bar{B}^r / \bar{N}^r = \sum_{\tau=1}^T B_{\tau}^r / (T \bar{N}^r) = \sum_{\tau=1}^T \frac{N_{\tau}^r}{T \bar{N}^r} C_{\tau}^r = \sum_{\tau=1}^T \alpha_{\tau}^r C_{\tau}^r$$

Отметим, что веса α_{τ}^r в сумме равны единице

$$\sum_{\tau=1}^T \alpha_{\tau}^r = 1. \quad (10)$$

Это следует из (5) и определения (9).

В качестве альтернативы формулам (5), (6) можно рассматривать вариант расчета, в котором средняя разность температур является невзвешенной средней

$$\tilde{C}^r = \frac{1}{T} \sum_{\tau=1}^T C_{\tau}^r. \quad (11)$$

В таком случае средняя продолжительность отопительных периодов соответствует величине

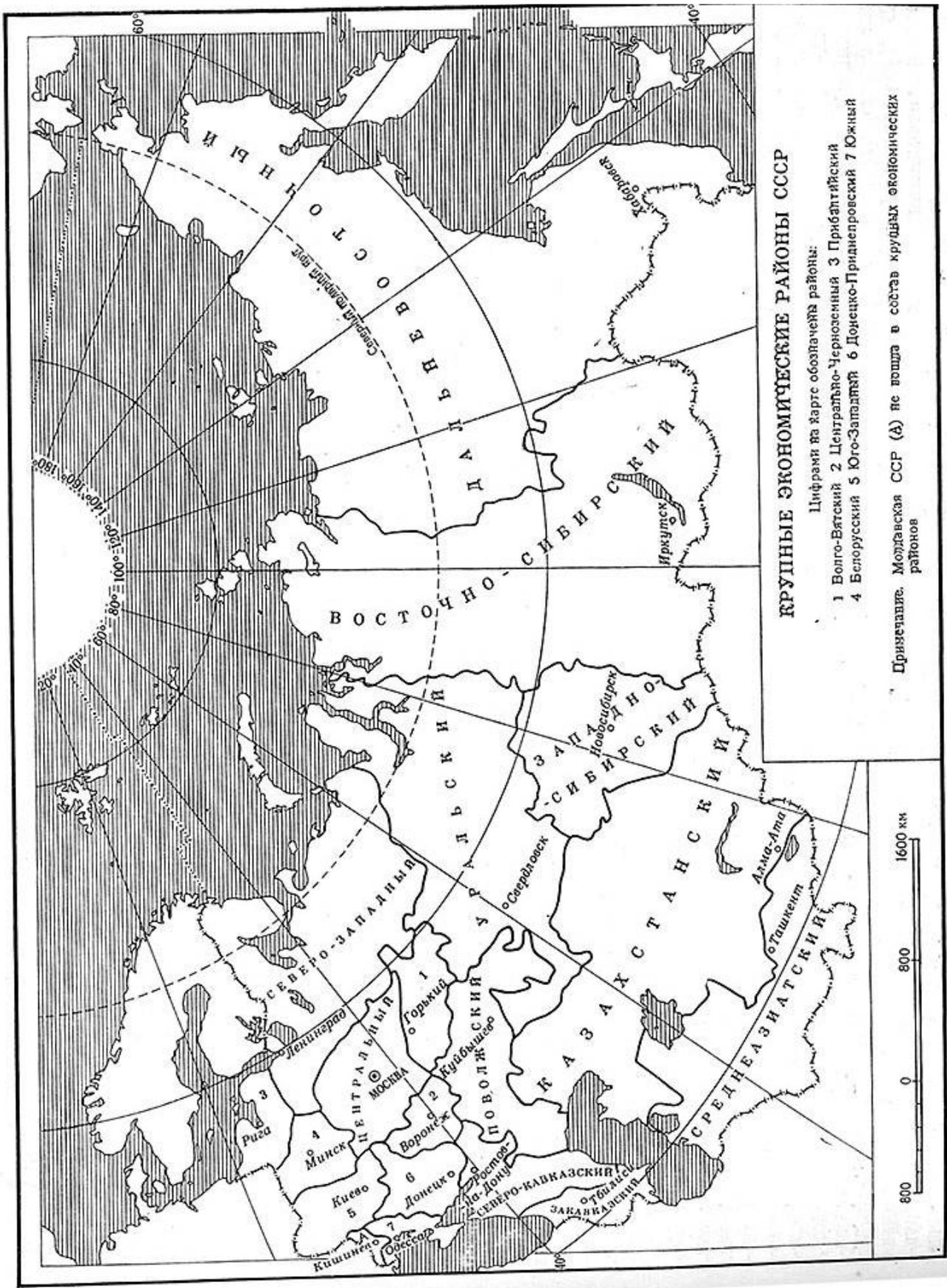
$$\tilde{N}^r = \bar{B}^r / \tilde{C}^r. \quad (12)$$

Это означает, что она является средневзвешенной величиной.

$$\tilde{N}^r = \sum_{\tau=1}^T \beta_{\tau}^r N_{\tau}^r, \quad (13)$$

где

$$\beta_{\tau}^r = C_{\tau}^r / (T \tilde{C}_{\tau}^r). \quad (14)$$



В обоих случаях имеет место некоторая асимметрия в определениях средних продолжительностей отопительных периодов и средних разностей температур внутри и вне зданий. От этой асимметрии можно избавиться, если воспользоваться средними геометрическими из обоих средних. В таком случае средние данные вычисляются по формулам

$$\hat{C}^r = (\bar{C}^r \times \tilde{C}^r)^{1/2}, \quad (15)$$

$$\hat{N}^r = (\bar{N}^r \times \tilde{N}^r)^{1/2}. \quad (16)$$

Эти формулы гарантируют выполнение равенства

$$\bar{B}^r = \hat{C}^r \times \hat{N}^r. \quad (17)$$

Можно также все три показателя усреднять по формуле средней геометрической за все рассматриваемые отопительные периоды. В таком случае средняя разность температур внутри и вне здания, средняя продолжительность отопительного периода и средняя интегральная разность температур задаются следующими показателями:

$$\hat{C}^r = \left(\prod_{i=1}^T C_{\tau}^r \right)^{\frac{1}{T}}, \quad (18)$$

$$\hat{N}^r = \left(\prod_{i=1}^T N_{\tau}^r \right)^{\frac{1}{T}}, \quad (19)$$

$$\hat{B}^r = \left(\prod_{i=1}^T B_{\tau}^r \right)^{\frac{1}{T}}. \quad (20)$$

Заметим, что в таком случае средняя интегральная разность температур будет меньше значения этого же показателя рассматриваемого по формуле средней арифметической (4). Справедливо известное неравенство между средней геометрической и средней арифметической

$$\bar{B}^r \geq \hat{B}^r.$$

Причем, если любые две величины из B_{τ}^r , $\tau = 1, \dots, T$ различаются (что обычно имеет место), то это неравенство выполняется в строгой форме.

В приводимых далее результатах расчетов использовались только формулы (5), (6). Отмеченные здесь возможные иные варианты формул означают, что есть проблема в выборе правил расчетов средней продолжительности отопительных периодов и средних разностей температур внутри и вне здания. Эта проблема нуждается в дальнейших исследованиях.

В табл. 1 и 2 представлены средние значения указанных трех метеорологических показателей за 1881–1978 гг. по экономическим районам СССР. В табл. 1 приведены экономические районы, у которых интегральная разность температур больше, чем среднемноголетняя интегральная разность температур отопительного периода для СССР в целом. Эти районы условно названы районами с холодным климатом. Их оказалось девять.

Т а б л и ц а 1

Средние за многолетний период климатические характеристики экономических районов СССР с холодным климатом

Экономические районы	Интегральная разность температур, градусодни	Продолжительность отопительного периода, дни	Средняя за отопительный период разность температур, °С
Восточно-Сибирский	7855	269	29.2
Дальневосточный	7720	267	28.9
Западно-Сибирский	7478	269	27.8
Северо-западный	6169	265	23.4
Уральский	5763	228	25.3
Волго-Вятский	5398	229	23.6
Центральный	4802	220	21.8
Казахстанский	4726	198	23.9
Поволжский	4516	199	22.7
СССР в среднем	4208	225	18.7

Самыми холодными, как и следовало ожидать, оказались три сибирских экономических района – Восточносибирский, Дальневосточный и Западносибирский. Эти три района находятся в существенном «отрыве» от остальных не только по показателю интегральной разности температур, но и по двум другим рассматриваемым нами климатическим характеристикам – по продолжи-

тельности отопительного периода и среднесуточной разности температур за отопительный период внутри и вне зданий.

Близким к сибирским регионам по продолжительности отопительного периода оказался Северо-Западный экономический район, содержащий территории европейского Севера России. По показателю средней за отопительный период температуры он существенно «уступает» сибирским регионам, поэтому существенно уступает и по показателю интегральной за отопительный период разности температур.

В табл. 2 представлены экономические районы СССР, у которых средняя интегральная разность температур за отопительный период ниже, чем в среднем по СССР. Эти районы условно названы экономическими районами с относительно теплым климатом. Условность этого деления проявляется в частности и в том, что у некоторых районов второй группы (Белорусский, Прибалтийский) средняя продолжительность отопительных периодов оказалась больше, чем у некоторых районов первой группы (Казахстанский, Поволжский).

Т а б л и ц а 2

Средние за многолетний период климатические характеристики экономических районов СССР с относительно теплым климатом

Экономические районы	Интегральная разность температур, градусодни	Продолжительность отопительного периода, дни	Средняя за отопительный период разность температур, °С
Центрально-Черноземный	4200	198	21.2
Белорусский	3882	200	19.4
Прибалтийский	3881	207	18.7
Донецко-Приднепровский	3620	184	19.7
Юго-Западный	3619	189	19.1
Северо-Кавказский	3269	177	18.5
Южный	3113	172	18.1
Закавказский	3056	178	17.2
Средняя Азия	2744	154	17.8
СССР в целом	4208	225	18.7

На основе данных табл. 1, 2 можно оценить, что по показателю средней интегральной разности температур наиболее холодный район (Восточная Сибирь) отличается от наиболее теплого экономического района (Средняя Азия) почти в 3 раза.

Расхождения экономических районов в целом по показателю интегральной разности температур примерно в равной мере формируются за счет их расхождения по продолжительности отопительных периодов и средней разности температур внутри и вне зданий. Восточная Сибирь отличается от Средней Азии по первому показателю в 1.78 раза, по второму показателю в 1.64 раза. Необходимо отметить, что рассматриваемые здесь как единое целое экономические районы являются крупными по площади и разнообразию климатических условий образования. В рамках этих районов также возможны значительные вариации всех трех введенных природно-климатических характеристик.

Отметим также, что рассмотренные здесь природно-климатические характеристики экономических районов могут быть полезны не только для изучения проблемы регулирования расхода топлива на отопление. Они представляют особый интерес при их детализации в рамках экономических районов, для оптимизации затрат на теплоизоляцию зданий, для выработки требований к системам теплоснабжения, нормативов расхода топлива. Рассмотренные климатические характеристики могут служить и целям экономико-географического районирования, оценки региональных коэффициентов удорожания строительно-монтажных работ, а также и для обоснования региональных коэффициентов повышения заработной платы – в более холодных регионах большие затраты на строительство и эксплуатацию жилья, на одежду и питание.

3. ДИАПАЗОНЫ И ИНТЕНСИВНОСТИ КОЛЕБАНИЙ ПОТРЕБНОСТИ В ТОПЛИВЕ НА ОТОПЛЕНИЕ

Многолетние наблюдения за температурой воздуха дают основу для объективного ответа на вопрос: насколько сильно могут различаться потребности в топливе на отопление при различных зимах? Это позволяет оценивать диапазоны и вероятность различных отклонений от среднеожидаемой величины расхода.

В табл. 3 представлены рассчитанные по температурным данным за 1881–1978 гг. максимально возможные отклонения в сторону уменьшения и в сторону увеличения потребности в топливе на отопление в процентах от среднеожидаемого уровня потребности. Для каждого экономического района были определены минимальное и максимальное значение интегральной разности температур за все рассматриваемые отопительные периоды. Из полученных значений вычиталась средняя интегральная разница температур и на нее же делилась полученная разность.

Экономические районы разделены на те же две категории, как и в табл. 1, 2 – с холодным и относительно теплым климатом. Для районов с холодным климатом диапазон колебаний потребности в топливе на отопление составил до 40% от среднеожидаемой потребности. Причем у большей части районов этот диапазон не превышает 33 %. Показатель интенсивности колебаний – достигает 6,2%.

Интенсивность колебаний потребности в топливе на отопление показывает, насколько в среднем может отклоняться по абсолютной величине (т.е. в любую сторону) потребность в топливе от среднеожидаемого уровня.

Для районов с относительно теплым климатом оба показателя получились существенно выше. Диапазон колебаний потребности в топливе на отопление варьируется по этим районам от 45 до 56%. Показатель интенсивности колебаний варьируется в диапазоне от 6.7% до 8.8 %.

Относительные показатели, диапазон и интенсивность колебаний расхода топлива на отопление в экономических районах СССР

Район	Максимальные отклонения от среднееголетнего уровня		Диапазон колебаний потребности, %	Интенсивность колебаний, %
	в сторону уменьшения	в сторону увеличения		
Районы с холодным климатом				
Восточно-Сибирский	-8,0	14,2	22,2	3,1
Дальневосточный	-7,3	8,3	15,3	2,5
Западно-Сибирский	-12,0	20,8	32,8	4,0
Северо-западный	-12,1	18,5	30,6	5,1
Уральский	-13,5	20,0	33,5	4,5
Волго-Вятский	-15,4	17,3	32,7	5,2
Центральный	-16,4	23,7	40,1	5,9
Казахстанский	-16,1	16,9	33,0	5,5
Поволжский	-16,8	21,0	37,8	6,2
Районы с относительно теплым климатом				
Центрально-Черноземный	-16,2	26,3	45,5	6,7
Белорусский	-18,8	29,7	48,5	7,2
Прибалтийский	-20,1	30,6	50,7	7,5
Донецко-Приднепровский	-19,8	28,2	48,0	7,0
Юго-Западный	-20,6	29,1	49,7	7,0
Северо-Кавказский	-20,5	30,1	50,6	7,9
Южный	-23,6	32,7	56,3	7,8
Закавказский	-16,8	25,9	42,7	7,6
Средняя Азия	-25,3	21,9	47,2	8,8
СССР в целом	-11,2	15,9	27,1	4,4

Приведенные в табл. 3 значения максимальных отклонений потребностей в топливе, диапазонов и интенсивностей колебаний для СССР в целом оказались меньше по численным значениям, чем значения этих показателей в отдельных экономических районах, кроме трех сибирских районов.

Такая ситуация объясняется тем, что значения рассматриваемых показателей для СССР в целом формируются с учетом асинхронности отклонений в отдельных регионах. При этом также учитываются различия численности населения в каждом районе и региональные различия требований к сооружаемым зданиям.

Следует отметить, что показатели диапазона и интенсивности отклонений потребности в топливе на отопление варьируются по экономическим районам сильнее, чем изменяется показатель средней интегральной разности температур. Если средняя интегральная разность температур в самых холодных районах почти в три раза выше, чем в самых теплых, то показатели отклонений интегральной разности температур в сторону уменьшения и увеличения различаются в 3,5 и в 3,9 раза. Диапазон и интенсивность колебаний – в 3,6 и в 3,5 раза.

Правда, это проявляется за счет низких значений показателей диапазона и интенсивности колебаний в Дальневосточном экономическом районе, данные по которому наименее надежны. Если вместо Дальнего Востока рассматривать Восточную Сибирь, то получим расхождение по диапазону колебаний с Южным районом (имеющим наибольший диапазон) в 2,5 раза. По интенсивности колебаний расхождение района с самым большим значением этого показателя с Восточной Сибирью составляет 2,7 раза. Это уже даже несколько меньше, чем максимальные расхождения экономических районов (Восточной Сибири и Средней Азии) по показателю средней интегральной разности температур за отопительный период.

В целом получается неожиданный результат. **Хотя экономические районы бывшего СССР сильно различаются по потребностям в теплоэнергии и топливе для отопления одних и тех же зданий, абсолютные величины диапазона и интенсивности колебаний потребностей в топливе (в зависимости от теплой или холодной зимы) примерно у всех районов одинаковы.** И это при значительной разнице продолжительности отопительных периодов и среднезимних температур! Отсюда вытекает следующий важный вывод. Поскольку у более «теплых» районов по строительным нормативам более высокие теплотепотери через ограждающую конструкцию зданий, чем в «холодных» районах, **то диапазоны и интенсивности колебаний потребности в теплоэнергии и в топливе на отопление для одних и тех же объемов жилых зданий у относительно теплых районов существенно больше, чем для холодных районов.**

Интенсивность колебаний по всем экономическим районам имеет существенную величину, означающую невозможность сколь-нибудь точного расчета потребности в топливе на отопление на следующую зиму. Даже средние отклонения от ожидаемого уровня составляют 3–8%, а реальные могут быть значительно больше. Только из-за того, что предыдущая зима была теплая, а последующая – холодная, потребность в топливе может возрасти на 30–50%. Надо отметить, что в табл. 3 при определении диапазонов колебаний учтены только имевшие место ранее значения интегральной разности температур. Вполне возможны и большие значения отклонений.

Негативные последствия могут иметь не только нехватка топлива в холодные зимы, но и его избыточные запасы. В излишних запасах омертвляются вложенные финансовые средства, топливо портится при хранении (ухудшается качество угля, топочного мазута), происходят его физические потери. Так, потери угля могут достигать за год хранения до 10%.

Максимальные отклонения в сторону уменьшения по всем районам существенно ниже по абсолютной величине, нежели отклонения в сторону увеличения. Это свидетельствует об асимметричном характере вероятности отклонения расходов топлива. Как-то повелось, что обычно рассматриваются симметричные унимодальные (с одним максимумом) функции плотности вероятности. Причем, как правило, в виде нормального закона распределения. У таких функций мода, медиана и математическое ожидание находятся в одной и той же точке.

У приведенной на рисунке функции плотности вероятности все эти три статистических параметра реализуются в разных точках. Левее всех расположена «мода» – значение потребности с наиболее высокой вероятностью. «Медиана» – точки середины интервала колебаний расположены где-то существенно правее. Значение «математического ожидания» потребности расположено еще правее (рис.3).

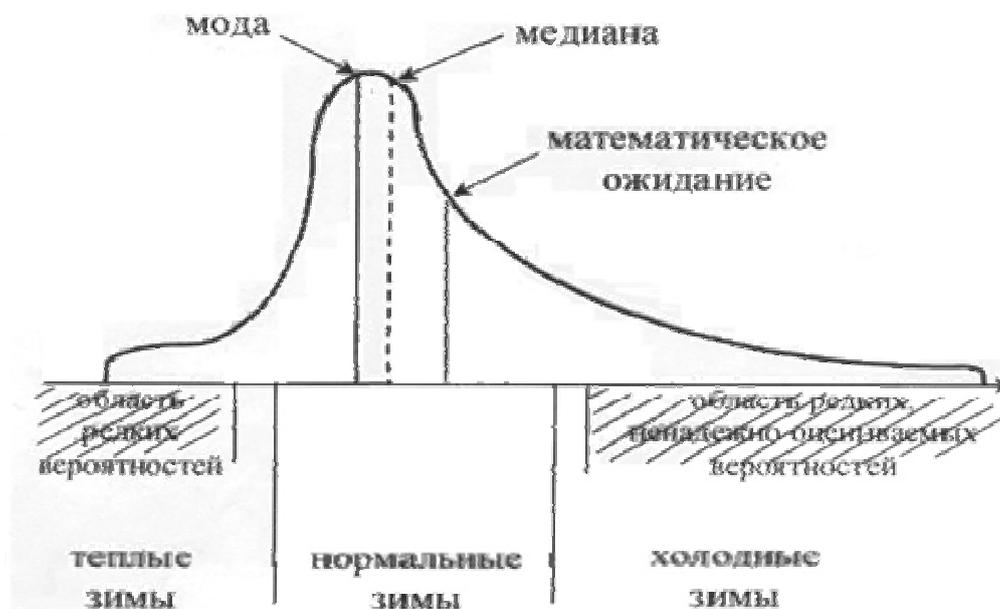


Рис. 3. Плотность вероятности вариации потребности в топливе на отопление.

Приведенный рисунок характеризует только общий вид функции вероятности вариации потребности в топливе на отопление. Оценка же конкретной функции такого несимметричного закона вероятности отклонений по располагаемым статистическим данным (выборочным наблюдениям) требует решения серьезных математических проблем, которым уделено пока мало внимания. Нуждающейся в специальном исследовании проблемой является определение вероятностей больших отклонений (как в сторону теплых, так и в сторону холодных зим), которые особенно важно правильно оценивать при решении задач надежности топливоснабжения.

Показатели отклонений потребности в топливе на отопление. Приведем конкретные формулы расчета рассмотренных здесь показателей. Исходным для расчетов служит показатель относительного отклонения потребности в топливе на отопление в условиях отопительного периода τ от средне ожидаемого уровня

$$b_{\tau}^r = B_{\tau}^r / \bar{B}^r, \tau = 1, \dots, T. \quad (21)$$

Если отопительный период τ был относительно теплым ($B_{\tau}^r < \bar{B}^r$), то величина b_{τ}^r меньше единицы. Значение $1 - b_{\tau}^r$ будет в этом случае характеризовать относительное (например, выраженное в % от среднеожидаемой потребности) снижение потребности в топливе на отопление.

Если отопительный период был холодней, чем средне ожидаемые ($B_{\tau}^r > \bar{B}^r$), то величина b_{τ}^r больше единицы. Значение $b_{\tau}^r - 1$ будет в этом случае характеризовать относительное возрастание потребности в топливе на отопление.

Заметим, что использование относительной величины b_{τ}^r позволяет избежать сложной проблемы оценки абсолютной величины потребности в топливе или в теплоэнергии в том или ином регионе.

Интерес представляют также показатели отклонений продолжительности отопительных периодов и среднесуточной разности температур данного отопительного периода от их среднепогодных значений

$$c_{\tau}^r = C_{\tau}^r / \bar{C}^r, \quad (22)$$

$$n_{\tau}^r = N_{\tau}^r / \bar{N}^r, \quad \tau = 1, \dots, T. \quad (23)$$

Диапазон и интенсивность колебаний. На основе показателей относительных отклонений расхода топлива на отопление за весь многолетний период рассчитываются показатели:

– максимальное снижение в самые теплые из имевшихся в прошлом место зим

$$\Delta_{\min}^r = \min \{ (b_{\tau}^r - 1) : \tau = 1, \dots, T \}; \quad (24)$$

– максимальное возрастание потребности в топливе на отопление в самые холодные из имевшихся в прошлом зим

$$\Delta_{\max}^r = \max \{ (b_{\tau}^r - 1) : \tau = 1, \dots, T \}; \quad (25)$$

– диапазон вариаций (или размах) относительных отклонений потребности в топливе на отопление

$$\Delta^r = \Delta_{\max}^r - \Delta_{\min}^r. \quad (26)$$

Эти три показателя представлены в первых трех столбцах табл. 3. В четвертом столбце представлены показатели средних отклонений (по абсолютной величине) потребности в топливе на отопление за весь рассматриваемый многолетний период, рассчитываемый по формуле

$$I^r = \frac{1}{T} \sum_{\tau=1}^T |b_{\tau}^r - 1|. \quad (27)$$

4. СЕРИИ ХОЛОДНЫХ ЗИМ

Как было показано выше (см. табл. 3), для покрытия потребности в топливе на отопление в самые холодные зимы из наблюдавшихся в XX в. необходимо располагать его резервами и запасами в отдельных регионах в объеме до 30% от среднеожидаемой потребности. Надо отметить, что возможны также большие погрешности в определении самой величины «среднеожидаемой» потребности в топливе на отопление (т.е. величина потребности при средних природно-метеорологических условиях). Абсолютное значение этой среднеожидаемой потребности зависит от многих меняющихся год от года параметров – численности населения и обеспеченности его жилой площадью, конструкции зданий, изменений в системах теплоснабжения и вентиляции.

Наконец, следует учитывать и следующий немаловажный фактор. Вслед за одной холодной зимой, которая приводит к снижению запасов топлива, может сразу последовать другая, а то и третья. Поэтому выявление серий холодных зим в прошлом имеет не только познавательное значение. Этот вопрос был впервые поставлен Ю. Я. Мазуром. В возглавляемом им коллективе в Физико-энергетическом институте АН Латвийской ССР проводились детальные исследования возможных отклонений потребностей в топливе на отопление на основе ретроспективных данных о температуре воздуха в отдельных городах СССР. В частности, было установлено, что для многих городов европейской части СССР наиболее холодными с конца XIX в. были серии зим перед Великой Отечественной войной и в ее начале [6].

Нами были проведены расчеты по методике Ю. Я. Мазура (табл. 4–6). В качестве «холодных» рассматривались зимы, у которых интегральная разность была выше среднемноголетних значений. Далее для каждого экономического района определялась максимальная по продолжительности непрерывная серия холодных зим. Отклонения в процентах суммировались. Полученная сумма показывает, насколько увеличивается расход топлива на отопление в результате

серии холодных зим в процентах к среднему уровню потребления топлива в этом районе за один отопительный период.

Полученные результаты во многом подтверждают и обобщают выводы исследований Физико-энергетического института АН Латвийской ССР. Для большинства районов европейской части СССР самой холодной оказалась серия, включающая две предвоенные зимы и первую военную зиму. Эта серия оказалась экстремально холодной также для СССР в целом. Как видно из табл. 4, при таких условиях дополнительная потребность в топливе на отопление в отдельных районах может достигать 50 % и более от годового расхода.

Т а б л и ц а 4

Дополнительная потребность в топливе на отопление в экономических районах СССР в условиях серии из трех наиболее холодных зим 1939/40, 1940/41, 1941/42 гг., в % к среднеожидаемой годовой потребности

Экономический район	Дополнительная потребность
Северо-Западный	31,0
Уральский	25,0
Волго-Вятский	35,5
Центральный	46,0
Центрально-Черноземный	44,2
Белорусский	63,7
Прибалтийский	66,8
Юго-Западный	57,6
СССР в целом	24,1

Т а б л и ц а 5

Дополнительная потребность в топливе на отопление в экономических районах СССР в условиях серии из четырех наиболее холодных зим 1939/40, 1940/41, 1941/42, 1942/43 гг., % к среднеожидаемой годовой потребности

Экономический район	Дополнительная потребность
Поволжский	36,0
Донецко-Приднепровский	46,1
Южный	43,3

В табл. 4 не вошли четыре экономических района европейской части СССР. Три из них вошли в табл. 5, где представлены экономические районы,

для которых экстремально холодной была серия из четырех зим – две предвоенные и две первые зимы войны. Рассматривая табл. 4 и 5, трудно удержаться от замечания – Германия выбрала самое неподходящее по климатическим условиям время для войны с Россией. Мало того, что первая военная зима оказалась повсеместно холодной в районе боевых действий. «Адресно» холодной оказалась и следующая зима – именно в тех регионах, где проходила решающая битва за Волгу и Кавказ. Можно при желании увидеть в этом мистическое совпадение – погода и «тот, кто ею управляет» были явно на стороне СССР. Конечно, холодная зима очень затрудняла действия и Советской Армии, но немцы и их сателлиты меньше были приспособлены к российским холодам.

Т а б л и ц а 6

Дополнительная потребность в топливе на отопление в экономических районах СССР в условиях максимально холодной серии из наблюдавшихся ранее зим, % к среднеожидаемой потребности

Экономический район	Дополнительная потребность	Годы экстремально холодной серии зим
Восточно-Сибирский	24,4	1887/88–91/92
Дальневосточный	17,0	1891/92–95/96
Западно-Сибирский	31,4	1881/82–85/86
Казахстанский	31,7	1881/82–85/86
Северо-Кавказский	34,8	1893/94–97/98
Закавказский	27,8	1951/52–53/54
Средняя Азия	50,2	1926/27–30/31

Полученный результат усиливается при рассмотрении серий самых холодных зим для других регионов СССР (табл. 6). В неевропейских регионах (и также для Северного Кавказа) они пришлись на другие годы. Для Восточно-Сибирского, Западно-Сибирского, Дальневосточного, Казахстанского и Северо-Кавказского регионов самыми холодными были серии из пяти зим в конце XIX в. Для Средней Азии – серия из пяти лет в конце 1920-х годов. Для Закавказья – серия из трех лет в 1950-х годах. В такие годы дополнительная потребность в топливе на отопление может составлять 30–50% от средней потребности за один отопительный период.

5. ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ АГРЕГИРОВАНИЕ

Исходные метеорологические наблюдения осуществляются, как известно, в отдельных пунктах. Что бы получить данные о температурах воздуха для какой-то территории, необходимо решить проблемы агрегирования метеорологических данных, состоящих в данном случае в построении каких-то средних значений из данных по температурам в нескольких пунктах рассматриваемой территории.

В данном разделе приведем и обобщим использовавшиеся нами правила построения агрегированных данных для перехода от исходных экономических районов к регионам. Можно предполагать, что эти правила могут быть полезны и для формирования агрегированных данных в разрезе экономических регионов или областей, краев и автономных республик.

В целях повышения наглядности результатов наряду с рассмотрением исходных 18-ти экономических регионов интерес представляет рассмотрение в разрезе более крупных территориальных образований, которые назовем «регионами».

Пусть Q – подмножество номеров регионов, агрегируемых в один регион. Отклонение потребности в топливе на отопление в отопительный период для этого региона в приводимых ниже расчетах, определяются по формуле

$$b_{\tau} = \sum_{r \in Q} h^r b_{\tau}^r, \tau = 1, \dots, T, \quad (28)$$

где b_{τ}^r – рассчитываемый по формуле (21) показатель отклонений для исходных регионов, h^r – оценки удельного веса r -ого района в расходе топлива на отопление в данном регионе.

Исходной идейной основой для определения весов h^r служит представление потребности в топливе на отопление в виде произведения трех факторов: объема отапливаемых помещений, усредненного по экономическому району

коэффициента теплопотерь зданий и средней интегральной разности температур \bar{B}^r .

Объем отапливаемых помещений был принят в расчетах пропорциональным численности населения в экономических районах на 01.01.1985 г. Районный коэффициент теплопотерь оценивался в относительных единицах на основе действовавших строительных норм и правил. За единицу принят коэффициент теплопотерь в центральном экономическом районе.

Итак, используемый в (28) весовой коэффициент рассчитывался по формуле

$$h^r = L^r q^r \bar{B}^r / \sum_{i \in Q} L^i q^i \bar{B}^i, \quad (29)$$

где L^r – численность населения r - того района, q^r – районных коэффициент теплопотерь зданий. Обе эти составляющие и показатель \bar{B}^r отражены в первых трех столбцах табл. 7.

Рассматриваются три уровня агрегирования. Исходные территориальные единицы представляют 18 экономических районов СССР. Причем выделенный в 80-е годы отдельно Северный экономический район здесь рассматривается в составе Северо-западного района.

Второй уровень представляют 5 укрупненных регионов. Их названия и их состав отражены в табл. 7. При этом три исходных экономических района, имеющие большую площадь и относительно слабую транспортную связь с другими районами, рассматриваются как самостоятельные регионы. Это – Дальний Восток, Восточная Сибирь, Средняя Азия. В итоге имеем 8 регионов.

Наконец, третий уровень агрегирован и представляет собой СССР в целом. В последнем столбце табл. 7 приведены значения использовавшихся при агрегировании коэффициентов h^r . Отметим, что для укрупненных регионов использовались следующие правила расчета показателей, необходимых для дальнейшего агрегирования:

$$L = \sum_{r \in Q} L^r, \quad (30)$$

$$q = \sum_{r \in Q} \frac{L^r}{L} q^r, \quad (31)$$

$$\bar{B} = \sum_{r \in Q} \frac{L^r q^r}{Lq} \bar{B}^r. \quad (32)$$

Интегральная разность температур, среднесуточная разность температур и продолжительность отопительного периода для региона, состоящего из районов с номерами из Q , для конкретных отопительных периодов рассчитывались по формулам

$$B_\tau = \sum_{r \in Q} \frac{L^r q^r}{Lq} B_\tau^r, \quad (33)$$

$$C_\tau = \sum_{r \in Q} \frac{L^r q^r}{Lq} C_\tau^r, \quad (34)$$

$$N_\tau = B_\tau / C_\tau, \quad \tau = 1, \dots, T. \quad (35)$$

Проблема территориального агрегирования. Формирование агрегированных по большой территории данных о вариациях температур наружного воздуха является одной из трудных методических проблем, нуждающихся в специальных исследованиях. Приведенные формулы (28)–(35) один из возможных путей практического решения проблемы. Возможны и другие алгоритмы. В частности можно изначально базироваться на построении некоторых усредненных для рассматриваемых территориальных образований температур наружного воздуха.

Таблица 7.

Показатели, характеризующие расход топлива на отопление по экономическим районам СССР

Экономические районы и укрупненные регионы	Удельный вес в численности населения, %	Относительный коэффициент теплопотерь зданий, о.с.	Среднегодовое количество за отопительный период разность расчетной в зданиях и наружной температур, градусодни	Удельный вес расхода топлива на отопление, %
Северо-Западный	22	0.95	6196	26
Центральный	48	1.00	4802	47
Белорусский	16	1.00	3882	14
Прибалтийский	14	1.17	3881	13
Европейский Север	100/23	1.02	4773	100/23
Уральский	31	0.95	5763	34
Волго-Вятский	16	1.00	5398	16
Поволжский	38	1.08	4517	36
Центрально-Черноземный	15	1.08	4200	14
Волго-Уральский	100/20	1.03	4442	100/21
Донецко-Приднепровский	42	1.17	3620	42
Юго-Западный	43	1.17	3619	44
Южный	15	1.29	3113	14
Украина	100/19	1.19	3834	100/16
Северо-Кавказский	52	1.29	3239	48
Закавказский	48	1.67	3056	52
Кавказ	100/11	1.47	3150	100/10
Западно-Сибирский	47	0.90	7478	58
Казахстанский	53	0.95	4726	42
Зауралье	100/11	0.93	5889	100/13
Восточно-Сибирский	3	0.85	7885	4
Дальневосточный	3	0.90	7720	4
Средняя Азия	10	1.67	2744	9
СССР	100	1.15	4208	100

Важной методической проблемой является выбор весов для агрегирования. Использованный выше метод в формировании весов – один из возможных путей решения задачи выбора весов. Необходимо отметить, что веса в данном методе, как вероятно и в других возможных, могут и даже должны изменяться с течением времени.

6. РОЛЬ КОЛЕБАНИЙ СРЕДНЕЗИМНИХ ТЕМПЕРАТУР И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЕЙ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПЕРИОДОВ В КОЛЕБАНИЯХ ПОТРЕБНОСТИ В ТОПЛИВЕ НА ОТОПЛЕНИЕ

Поскольку показатель интегральной разности температур внутри и вне здания представляется как результат взаимодействия двух факторов – продолжительностей отопительных периодов и средних за отопительный период разности температур внутри и вне здания, то интерес представляет изучение роли каждого из этих факторов в колебании потребности в теплоэнергии и в топливе на отопление.

В первых двух столбцах табл. 8 представлены результаты расчета удельного веса указанных двух факторов в показателе интенсивности колебаний потребности в топливе на отопление, рассчитанного по формуле (27). Вклады колебаний продолжительности отопительных периодов и колебаний среднезимних температур в интенсивность колебаний потребности в топливе на отопление рассчитываем по формулам

$$\Delta_n^r = I_n^r / I^r,$$

$$\Delta_c^r = I_c^r / I^r,$$

где I^r – интенсивность колебаний потребности в топливе на отопление, рассчитываемая по правилу (27).

Показатели интенсивности колебаний продолжительности отопительных периодов и интенсивности колебаний разности температуры внутри и вне здания рассчитывались по формулам

$$I_n^r = \frac{1}{T} \sum_{\tau=1}^T |n_{\tau}^r - 1|, \quad (36)$$

$$I_c^r = \frac{1}{T} \sum_{\tau=1}^T |c_{\tau}^r - 1|, \quad (37)$$

здесь n_{τ}^r , c_{τ}^r – показатели, рассчитываемые по правилам (22), (23).

В последнем столбце таблицы 8 приведены значения показателя

$$\Delta_a^r = \Delta_n^r + \Delta_c^r - 1, \quad (38)$$

которые характеризует роль асинхронности отклонений указанных двух составляющих в формировании показателя интенсивности колебаний потребности в топливе на отопление.

Как видно из табл. 8 наибольший вклад из двух рассматриваемых факторов в интенсивность колебаний потребности имеют колебания среднезимних температур. Существенное значение имеет асинхронность в действии указанных факторов. Так, для страны в целом вследствие асинхронности отклонений от среднего уровня среднезимних температур и продолжительности отопительного периода интенсивность колебаний потребности в топливе на отопление примерно на 1/3 меньше, чем была бы при абсолютно синхронных отклонениях указанных двух факторов.

Проблема. Методики расчета вкладов указанных двух факторов приводятся в более детальном обсуждении и в уточнениях. В частности представляется, что в данных расчетах более правильно было бы интенсивность колебаний температур наружного воздуха определять по формуле одинаково взвешенных среднеарифметических абсолютных отклонений. Вместо (37), следовало бы воспользоваться таким правилом

$$\tilde{I}_c^r = \sum \alpha_\tau^r |c_\tau^r - 1|,$$

где веса α_τ^r вычисляются по формуле (9).

Т а б л и ц а 8

Удельные веса колебаний продолжительности отопительного периода и колебаний среднезимних температур в интенсивности колебаний потребности в топливе на отопление

Регионы	Удельные веса и интенсивность колебаний потребности, %		
	Колебание продолжительности отопительного периода	Колебание среднезимних температур	Вклад асинхронности
Восточная Сибирь	54.7	100	54.7
Дальний Восток	56.5	76.5	32.8
Зауралье	59.1	79.1	38.2
Волго-Уральский	71.5	84.9	62.4
Европейский Север	64.1	79.8	43.9
Украина	63.2	77.4	40.6
Кавказ	57.5	72.4	29.9
Средняя Азия	49.3	74.4	23.7
СССР	65.8	83.4	49.2

7. ЧАСТОТА И АССИНХРОННОСТЬ ОТКЛОНЕНИЙ РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

В первых двух столбцах табл. 9 приведены частоты отклонений, превышающих по абсолютной величине пороговый уровень 5% и 10% по укрупненным регионам и для СССР в целом. Этот показатель определяется путем деления числа случаев таких отклонений

$$T^r(\varepsilon) = \sum_{\tau=0}^T \text{sign} |\sigma_{\tau}^r(\varepsilon)| \quad (39)$$

на общее число отопительных периодов T ,

где $\sigma_{\tau}^r = b_{\tau}^r - 1$.

$$\sigma_{\tau}^r(\varepsilon) = \begin{cases} 0, & \text{если } |\sigma_{\tau}^r| < \varepsilon, \\ \sigma_{\tau}^r, & \text{если } |\sigma_{\tau}^r| \geq \varepsilon. \end{cases} \quad (40)$$

Величина ε обозначает пороговый уровень. Значение функции $\text{sign} \alpha$ вещественного числа α равно: -1 , если $\alpha < 0$; 0 , если $\alpha = 0$; 1 , если $\alpha > 0$.

В последних двух столбцах табл. 9 приведены значения интенсивности отклонений, превышающих пороговый уровень ε . Этот показатель рассчитывается по формуле

$$I^r(\varepsilon) = \frac{1}{T^r(\varepsilon)} \sum_{\tau=1}^T |\sigma_{\tau}^r(\varepsilon)|. \quad (41)$$

Как можно было ожидать на основе данных табл. 3, при переходе от более холодных к более теплым регионам возрастают частоты отклонений превышающих указанные барьерные значения и интенсивность таких отклонений. Вместе с тем рост интенсивности отклонений, превышающих барьерный уровень 5% меньше, чем рост интенсивности всех отклонений. Еще меньше и менее четко прослеживаемое возрастание интенсивности для отклонений, превышающих пороговый уровень 10%.

Общее число отклонений $T^r(\varepsilon)$, превышающих по абсолютной величине пороговый уровень ε , является суммой числа таких отклонений в сторону возрастания потребности

$$T_+^r(\varepsilon) = \sum_{\tau=0}^T \text{sign}(\sigma_\tau^r(\varepsilon))_+, \quad (42)$$

и в сторону снижения потребности

$$T_-^r(\varepsilon) = -\sum_{\tau=0}^T \text{sign}(\sigma_\tau^r(\varepsilon))_-. \quad (43)$$

Здесь выражение $(\alpha)_-$, $(\alpha)_+$ являются «срезками» вещественного числа:

$$(\alpha)_- = \min\{0, \alpha\}, \quad (\alpha)_+ = \max\{0, \alpha\}.$$

В табл. 10 приведены данные об удельных весах $T_+^r(\varepsilon)$ и $T_-^r(\varepsilon)$ в числе отклонений $T^r(\varepsilon)$ для всех отклонений при $\varepsilon = 0$ и для отклонений, превышающих пороговые уровни $\varepsilon=5\%$ и $\varepsilon=10\%$.

Т а б л и ц а 9

Частота и интенсивность отклонений, превышающих пороговый уровень $\varepsilon=5\%$ и $\varepsilon=10\%$

Регионы	Частота отклонений		Интенсивность отклонений, %	
	$\varepsilon=5\%$	$\varepsilon=10\%$	$\varepsilon=5\%$	$\varepsilon=10\%$
Восточная Сибирь	0.17	0.01	7.0	14.2
Дальний Восток	0.01	-	6.4	-
Зауралье	0.31	0.02	7.5	15.2
Волго-Уральский	0.46	0.14	8.6	12.2
Европейский Север	0.46	0.14	9.2	13.3
Украина	0.55	0.23	10.8	15.9
Кавказ	0.62	0.26	10.4	14.5
Средняя Азия	0.66	0.37	12.2	16.0
СССР	0.33	0.09	8.6	11.9

Для уровней $\varepsilon = 0$ и $\varepsilon=5\%$ четко не прослеживается какой-либо стабильной асимметрии частот по регионам. Вместе с тем для отклонений, превышающих пороговый уровень $\varepsilon=10\%$, почти по всем регионам и для СССР в целом четко видна асимметрия – чаще имеют место отклонения в сторону возрастания потребности.

тания потребности. Это подтверждает высказанное ранее (рис. 3) предположение об асимметричном характере вероятности отклонений.

Аналогичные выводы получаем из сопоставленной интенсивности отклонений в сторону возрастания и в сторону снижения, превышающих пороговый уровень ε . В табл. 11 приведены результаты расчетов интенсивности отклонений в сторону возрастания

$$I_+^r(\varepsilon) = \frac{1}{T_+^r(\varepsilon)} \sum_{\tau=1}^T (\sigma_\tau^r(\varepsilon))_+ \quad (44)$$

и в сторону снижения

$$I_-^r(\varepsilon) = \frac{1}{T_-^r(\varepsilon)} \sum_{\tau=1}^T (-\sigma_\tau^r(\varepsilon))_+, \quad (45)$$

превышающие пороговый уровень ε .

Как видно из последних двух столбцов табл. 10, интенсивность больших отклонений, превышающих пороговый уровень 10%, существенно выше по всем районам в сторону возрастания, чем в сторону снижения. Для всех отклонений, т.е. при $\varepsilon=0$ и для отклонений, превышающих пороговый уровень $\varepsilon=5\%$, интенсивности отклонений в сторону возрастания и в сторону снижения распределяются примерно симметрично. Асимметрия четко видна только для редких больших отклонений.

Т а б л и ц а 10

Удельные веса отклонений в сторону возрастания и в сторону снижения в % ко всем отклонениям, превышающим по абсолютной величине пороговый уровень $\varepsilon = 0$, $\varepsilon = 5\%$ и $\varepsilon = 10\%$

Регион	$\varepsilon = 0$		$\varepsilon = 5\%$		$\varepsilon = 10\%$	
	Возрастание	Снижение	Возрастание	Снижение	Возрастание	Снижение
Восточная Сибирь	51	49	49	56	100	-
Дальний Восток	56	44	33	67	-	-
Зауралье	53	47	41	59	50	50
Волго-Уральский	46	54	51	49	54	46
Европейский Север	51	49	47	53	62	38
Украина	45	55	45	55	52	40
Кавказ	54	46	46	52	46	54
Средняя Азия	52	48	51	49	50	50
СССР	52	48	48	52	75	25

Средняя интенсивность отклонений, превышающих по абсолютной величине пороговый уровень $\varepsilon=0$, $\varepsilon=5\%$ и $\varepsilon=10\%$

Регион	$\varepsilon=0$		$\varepsilon=5\%$		$\varepsilon=10\%$	
	Возрастание	Снижение	Возрастание	Снижение	Возрастание	Снижение
Восточная Сибирь	3.0	3.1	8.0	6.2	14.2	-
Дальний Восток	2.2	2.6	6.6	6.3	-	-
Зауралье	3.9	4.3	8.2	7.0	20.1	10.2
Волго-Уральский	5.6	4.8	8.8	8.4	12.6	11.7
Европейский Север	5.5	5.6	9.5	9.0	13.4	13.1
Украина	7.7	6.4	12.4	9.6	17.4	19.2
Кавказ	6.9	8.0	10.4	10.4	15.2	11.9
Средняя Азия	8.6	9.2	11.9	12.6	15.1	16.9
СССР	4.3	4.6	9.1	9.2	12.2	10.2

К такому же заключению можно прийти из сопоставленных максимальных отклонений в сторону снижения и в сторону возрастания, приведенных в первых двух столбцах табл. 3. Во всех экономических районах за исключением Казахского максимальные из наблюдавшихся отклонений в сторону возрастания потребности существенно выше, чем максимальные из наблюдавшихся отклонений в сторону снижения. Из табл. 10 можно заключить, что среди зим с большими отклонениями потребности в топливе на отопление существенно чаще бывают холодные, чем теплые. При этом согласно данным табл. 3 и табл. 11 величина возрастания потребности в топливе в экстремально холодные зимы обычно больше, чем величина снижения потребности в топливе в экстремально теплые зимы.

8. СИНХРОННОСТЬ ОТКЛОНЕНИЙ ПОТРЕБНОСТИ В ТОПЛИВЕ НА ОТОПЛЕНИЕ ПО РЕГИОНАМ

Одним из способов регулирования колебаний топливопотребления является маневрирование межрегиональным распределением ресурсов топлива в ситуациях, когда в одних регионах потребности ниже, а в других выше ожидавшегося уровня. Эффективность такого регулирования зависит от частоты возникновения подобных ситуаций и от объема топлива, который при этом можно перераспределять.

Т а б л и ц а 12

Показатели синхронности колебаний потребности в топливе на отопление по регионам страны

Регион	Номера регионов								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	$\varepsilon = 0$								
Восточно - Сибирский	-	0.74	0.65	0.37	0.42	0.14	-0.11	0.06	0.14
Дальневосточный	0.83	-	0.40	0.23	0.45	0.25	-0.16	-0.16	0.25
Зауралье	0.94	0.68	-	0.73	0.42	0.55	0.63	0.59	0.71
Волго-Уральский	0.54	0.38	0.89	-	0.73	0.81	0.59	0.14	0.84
Европейский Север	0.56	0.67	0.72	0.92	-	0.78	0.45	-0.21	0.74
Украина	0.25	0.13	0.64	0.91	0.92	-	0.69	0.18	0.85
Кавказ	0.0	-0.21	0.72	0.69	0.53	0.74	-	0.57	0.76
Средняя Азия	0.31	0.06	0.73	0.24	-0.17	0.15	0.62	-	0.42
СССР в целом	0.68	0.50	0.87	1.00	0.92	0.98	0.87	0.50	-
	$\varepsilon = 5\%$								

В табл. 12 приведены результаты расчетов показателя синхронности отклонений потребности в топливе на отопление по парам регионов

$$S_{rl} = \frac{1}{T_{rl}(\varepsilon)} \sum_{\tau=1}^T \text{sign}(\sigma_{\tau}^r(\varepsilon) \cdot \sigma_{\tau}^l(\varepsilon)), \quad (46)$$

где r, l – номера сопоставляемых регионов. Здесь

$$T_{rl}(\varepsilon) = \sum_{\tau=1}^T \max \{ \text{sign}|\sigma_{\tau}^r(\varepsilon)|, \text{sign}|\sigma_{\tau}^l(\varepsilon)| \} \quad (47)$$

– общее число случаев, когда абсолютная величина отклонений потребности в топливе на отопление хотя бы в одном из двух сопоставляемых регионов превышает пороговый уровень ε .

В правой верхней части табл. 12 приведены результаты расчетов для $\varepsilon=0$, то есть показатели синхронности всех отклонений. В этом случае показатель синхронности характеризует частоту наступления отопительных периодов, когда у сопоставляемых регионов отклонения от среднеожидаемого уровня происходят в одну и ту же сторону. Как видим, имеется высокая синхронность отклонений, особенно у соседних регионов. Только у очень удаленных между собой районов (Кавказ и Средняя Азия с одной стороны, Восточная Сибирь и Дальний Восток – с другой) не имеет места синхронность и даже отмечается некоторая асинхронность отклонений.

Еще большая синхронность имеет место для больших отклонений. В нижней левой части табл. 12 приведены значения показателя синхронности для случая, когда отклонение потребности в одном из сопоставляемых регионов превышает уровень 5%. Почти для всех сопоставляемых пар регионов имеем сильную положительную корреляционную связь за исключением пары Средняя Азия–Европейский Север. Причем для соседних регионов коэффициент синхронности больших отклонений существенно выше, чем коэффициент синхронности всех отклонений. Это означает, что в те годы, когда возникает наиболее острая необходимость в использовании межрегионального маневрирования топливом, возможности для этого могут быть крайне ограниченными. В дополнение к табл. 12 следует отметить, что для отклонений, превышающих уровень 10%, коэффициент синхронности почти по всем парам регионов равен 1.

9. НАБЛЮДАЕТСЯ ЛИ ПОТЕПЛЕНИЕ?

На рис. 4–7 представлены графики колебаний, показатели интегральной разности температур до отопительного периода за более чем 100-летних рядов наблюдений для городов Иркутск, Екатеринбург, Нижний Новгород, Волгоград. Эти графики дают наглядное представление о флуктуациях и тенденциях изменения показателя интегральной разности температур. Из этих графиков видно, что в отклонениях рассматриваемого показателя трудно увидеть какую – либо периодическую закономерность. Вместе с тем изменение этого показателя имеют явно выраженные тренды. Из изменений значений показателя интегральной разности температур для указанных городов можно сделать вывод, что на протяжении всего XX в., по крайней мере, с 20-х годов отмечается тенденции к потеплению.

Из графика для г. Иркутска и остальных представленных здесь пунктов наблюдений температуры видно, что в первую половину XX в. эта тенденция не была сильно выраженной. Наиболее четко она стала проявляться с 80-х годов прошлого века.

Можно ли считать, что наметившаяся в последние три десятилетия тенденция к потеплению в зимний период будет продолжена далее? Есть предположения, что эта тенденция представляет всего лишь часть периодических колебаний и в ближайшее время должна произойти смена тенденций. Например, по приводимым на рис. 4 данным для города Иркутска видно, что в позапрошлом веке имела место явно выраженная тенденция к похолоданию. В любом случае представляется полезным готовиться ко всему спектру возможных зим, что мы наблюдали в прошлом.

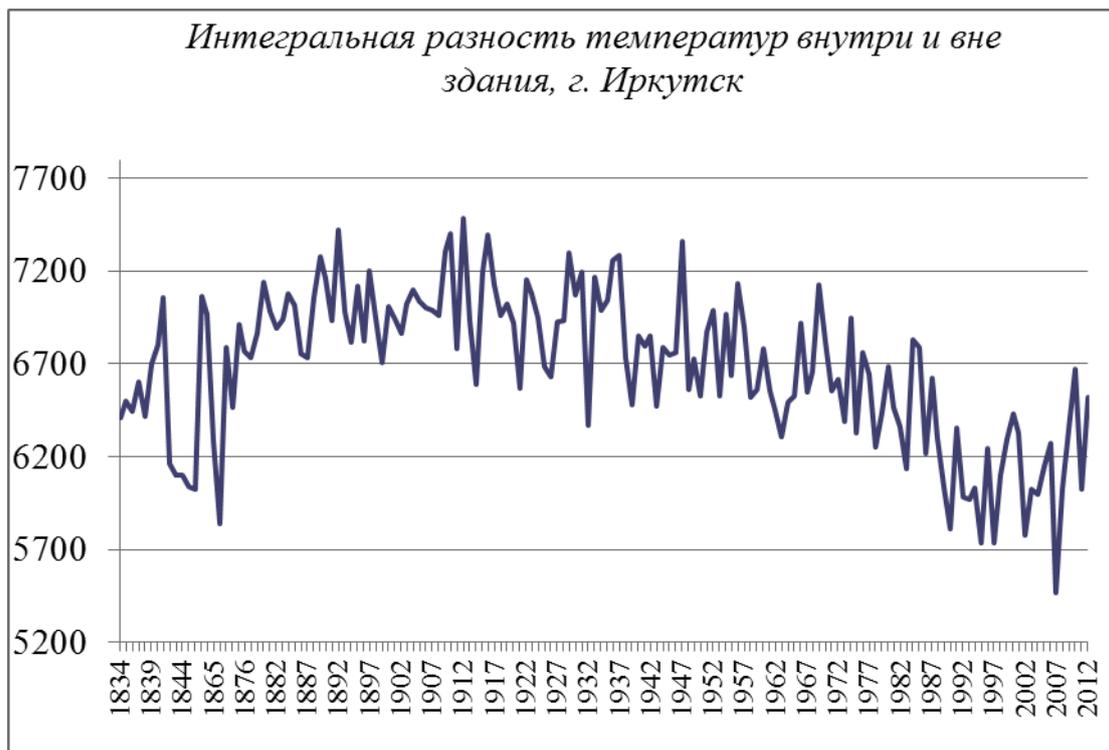


Рис. 4. Изменения интегральной разности температур в г. Иркутске за отопительные периоды с 1834–2012 гг.



Рис. 5. Изменения интегральной разности температур в г. Екатеринбурге за отопительные периоды с 1881–2011 гг.



Рис. 6. Изменения интегральной разности температур в г. Нижний Новгород за отопительные периоды с 1900–2010 гг.



Рис. 7. Изменения интегральной разности температур в г. Волгоград за отопительные периоды с 1900–2010 гг.

Пример выделения тренда и сезонных колебаний из многолетних рядов наблюдения температуры воздуха. На рис.8 представлена динамика среднемесячных температур в г. Иркутске с 1985 по 2014 гг. На рис. 9, 10 в наглядной форме представлены результаты выделения из ряда среднемесячных температур г. Иркутска сезонных колебаний и тренда с помощью модели «Кассандра» [34,35, 37].

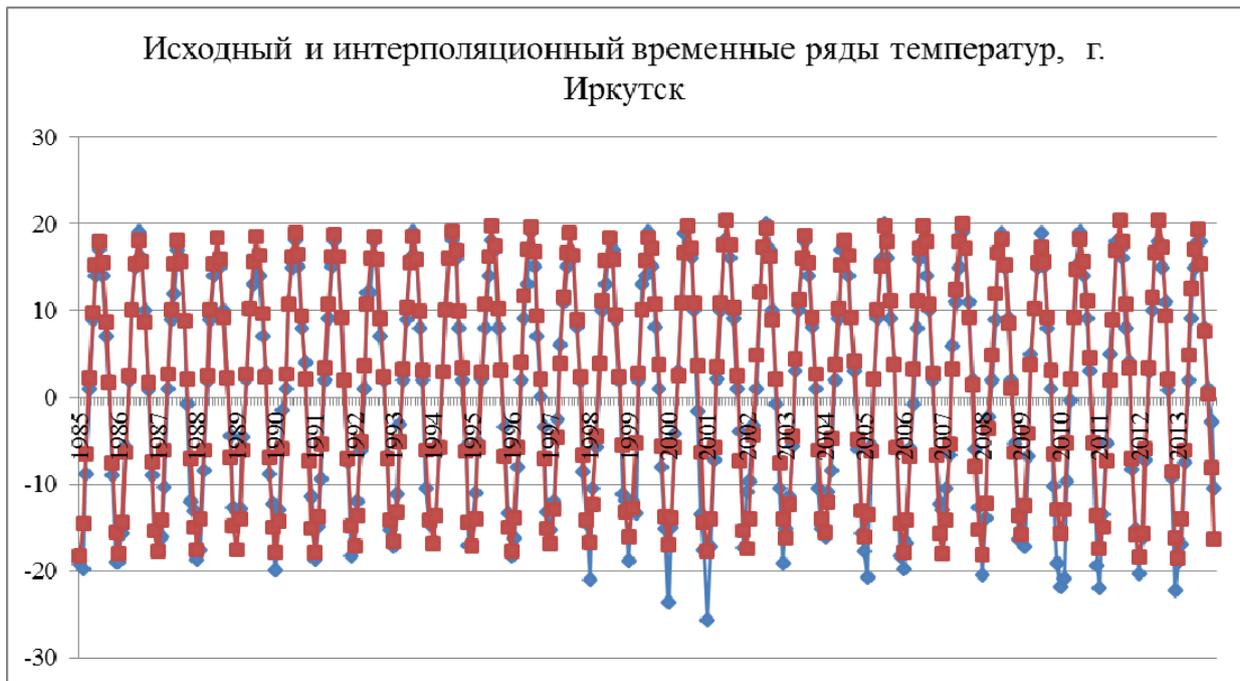


Рис. 8. Среднемесячные температуры в г. Иркутск за период с 1985 по 2014 гг.



Рис. 9. Сезонные колебания среднемесячных температур в г. Иркутске.

В данном случае тренд задавался в виде полинома второй степени, сезонные колебания – полиномом от периодических функций первой степени. Из рис. 9 видно, что за рассматриваемый период форма и амплитуда сезонной волны среднемесячных температур практически не изменились. Модель показала очень небольшое возрастание амплитуды сезонной волны температур за этот период. Отклонение от среднего уровня достигало $+19^{\circ}\text{C}$ в июле и -19°C в январе. То есть диапазон среднемесячных температур составляет в городе Иркутске около 38°C .

Представленный на рис. 10 тренд изменения температуры в г. Иркутске за рассматриваемый период показывает, что в этом периоде можно различать два подпериода. Период происходящего потепления примерно до 2002 г. В это время среднегодовая температура в Иркутске поднялась согласно этим расчетам с -0.2°C до 1.2°C . С 2002 г. После 2002 г. имеет место некоторое общее похолодание, в процессе которого среднегодовая температура опустилась до 0.5°C .

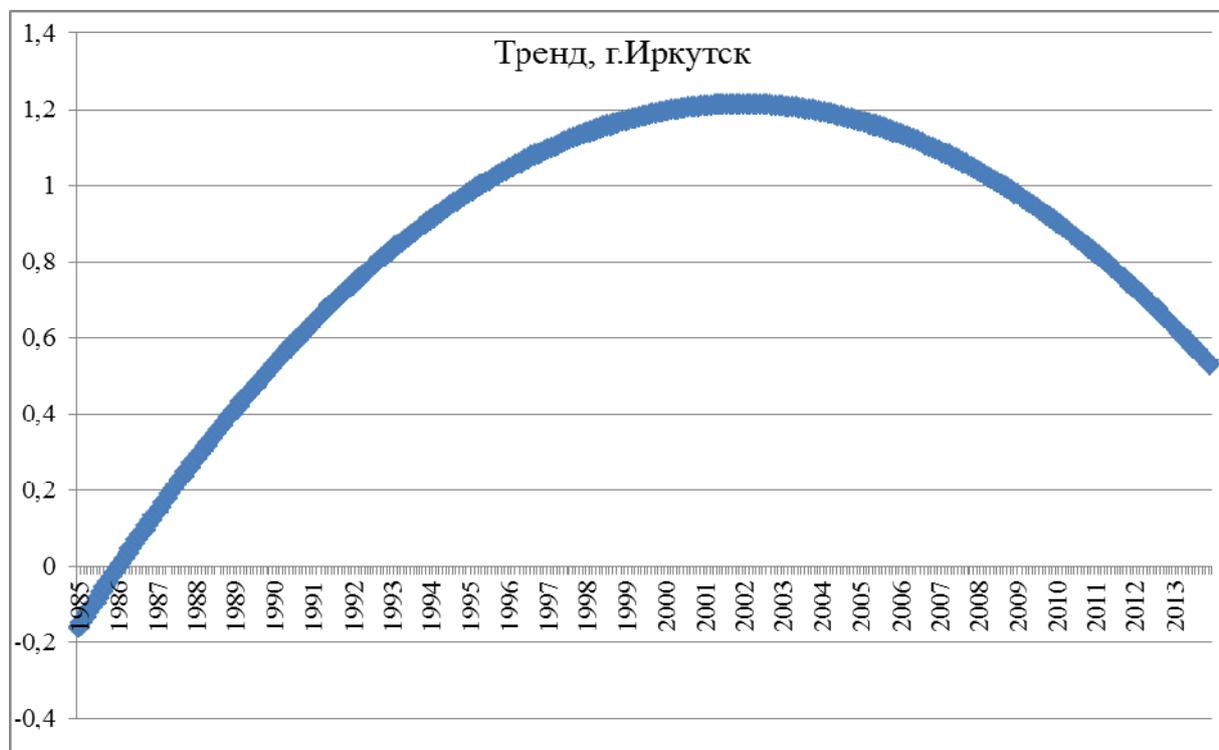


Рис. 10. Выявленный на модели «Кассандра» тренд изменения среднегодовых температур.

Конечно, представленные здесь результаты расчетов нельзя трактовать как безусловные доказательства наступающего в начале XXI в. похолодания. Во-первых, здесь рассмотрены данные только по одному пункту наблюдений. Во-вторых, при интерпретации расчетов по модели «Кассандра» следует учитывать ее особенности, а также использованные конкретные параметры в расчетах. В том числе тот факт, что здесь для описания тренда нами использовались полиномы второй степени.

10. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной книге представлены результаты исследований только одного из факторов возмущающих воздействий на системы энергообеспечения – колебания температур воздуха в зимний период. Причем рассматривая только один из аспектов этих возмущающих воздействий – многолетние колебания. Не менее важное значение имеет и изучение краткосрочных (в течение нескольких дней) отклонений природно-метеорологических условий, которые здесь не рассматривались, но могут быть предметом дальнейших исследований.

Практическая важность исследования многолетних колебаний природно-метеорологических факторов обусловлена двумя моментами. Во-первых, большой ролью температурного фактора в колебаниях топливопотребления, а также в процессах производства и транспорта топлива. До 90-х годов прошлого века непосредственно на отопление и вентиляцию расходовалось примерно 1/5 часть потребляемого в СССР котельно-печного топлива. В настоящее время для России эта доля стала значительно больше.

При этом и другие направления использования котельно-печного топлива также существенно зависят от температурного фактора. Неудивительно, что крупные проблемы энергообеспечения в России возникают именно в зимний период, обычно во второй половине зимы.

Вторая причина особого внимания к температурному фактору – возможность объективной качественной оценки интенсивности и закономерностей его проявления в надежности энергообеспечения на основе накопленных многолетних метеорологических наблюдений. Для многих других отмеченных на рис. 1, 2 факторов возмущающих воздействий (за исключением, быть может, колебаний приточности воды в водохранилище ГЭС) такой возможности детального исследования закономерностей их проявления нет. При этом можно распространить исследования колебаний потребностей в топливе на отопление на колебания потребление котельно-печного топлива в целом. Этот прием, хотя

и не бесспорный, дает возможность количественной оценки эффективности мероприятий по обеспечению надежности топливоснабжения.

Представленные в данном разделе результаты исследований публиковались частично ранее в [50, 60–64].

Первыми систематическими исследованиями в СССР многолетних рядов температур в целях изучения проблем надежности энергоснабжения были работы Л.С. Хрилева [1–3, 31, 32]. Им было показано, что отклонения потребностей в теплоэнергии и, соответственно, в топливе на отопление за отопительный период могут отклоняться от среднеожидаемых величин на 14–18% для городов европейской части России и других государств бывшего СССР. Для городов Сибири по оценкам Л.С. Хрилева эти отклонения могут составлять 9–12%.

Исследования вопросов маневренности и надежности топливоснабжения с учетом изменчивости природно-метеорологических условий развивались в работах многих других советских ученых [4–30]. Наиболее масштабные исследования колебаний температур как фактора надежности топливоснабжения были осуществлены в Физико-энергетическом институте А.Н. Латвийской ССР под руководством Юрия Яновича Мазура (к сожалению, многие результаты этих исследований сохранились только в форме научных отчетов).

Масштабные по территориальному охвату исследования колебаний потребностей в теплоэнергии в топливе на отопление были представлены в докторской диссертации М.А. Великанова [59]. Его исследования проблем надежности и маневренности топливоснабжения базировались на обработке многолетних рядов наблюдений температуры воздуха в отдельных пунктах. Например, в качестве такого пункто-представителя для Восточной Сибири М.А. Великанов рассматривал результаты многолетних наблюдений в г. Иркутске, для Западной Сибири – г. Барнаул, для Урала – Екатеринбург, для Волго-Вятского экономического района – г. Вятка и т.д.

Важная особенность представленных в данном разделе исследований состоит в том, что они базируются на усредненных по экономическим районам

СССР помесечных данных [57]. Преимущество такой исходной информации состоит в охвате всей территории бывшего СССР, а не отдельных городов.

Имеются и два крупных недостатка. Один из них – используемая операция усреднения температур по экономическим районам СССР. В этих целях использовалась методика [57], базировавшаяся на представлениях работников метеослужб о «средних» по экономическим районам температурах. Необходим специальный способ агрегирования данных метеонаблюдений отдельных пунктов, учитывающий специфику проблем энергообеспечения населения и предприятий (например, распределение по территории населения).

Второй недостаток – использование усредненных помесечных данных о температурах. Из-за этого в частности расчетные даты начала и конца отопительных периодов определялись не буквально по методике, изложенной выше (что требует посуточных данных о температурах), а с использованием предварительных процедур линейной интерполяции среднемесячных температур. Алгоритм для такой процедуры был специально разработан Е.Н. Ивановой.

В настоящее время в отличие от начала 80-х годов прошлого века, имеется возможность получения с помощью интернета исходных рядов наблюдений температур воздуха по огромному количеству пунктов. Это дает возможность воспроизвести и развить представленные в данном разделе исследования на исходной информационной базе. В [53–56] представлены результаты нового цикла исследований с использованием представленных в данном разделе алгоритмов на базе метеонаблюдений в отдельных пунктах.

Сформулируем основные результаты представленных здесь исследований.

1. Средние расходы за отопительный период теплоэнергии и, соответственно, топлива на отопление одинаковых зданий различаются почти в три раза по экономическим районам бывшего СССР. Эти различия обусловлены примерно в равной степени различиями в продолжительности отопительных периодов и различиями среднесуточных температур отопительных периодов. Средняя продолжительность отопительных периодов варьируется от 9 месяцев для

районов Сибири (включая Дальний Восток) и Европейского Севера, до 5–6 месяцев в южных экономических районах. При этом средняя за отопительный период температура воздуха варьируется от -10°C для районов Сибири до примерно нулевого значения в южных регионах. Имеет место сильно положительная корреляционная зависимость продолжительности отопительных периодов среднезимних температур по экономическим районам СССР.

2. Потребность в теплоэнергии и топливе на отопление в зависимости от того насколько может быть теплая или холодная зима варьируется в широких диапазонах. Причем эти диапазоны возрастают при переходах от районов с холодным климатом к экономическим районам с относительно теплым климатом. Для Дальневосточного и Восточно-Сибирского экономических районов эти диапазоны составили 15–20% от среднеожидаемой потребности в теплоэнергии и в топливе на отопление. Для Северо-Кавказского и Южного районов эти диапазоны достигают более 50%.

При переходе от холодных к относительно теплым экономическим районам возрастает интенсивность (среднее значение) колебаний потребностей в теплоэнергии и в топливе на отопление. Оно возрастает от 2.8% для Дальнего Востока до 8.8% от среднеожидаемого значения для Средней Азии. Причем эти колебания примерно в равной степени формируются за счет колебаний продолжительностей отопительных периодов и колебаний среднезимних температур.

Эти и другие установленные в результате расчетов факты нуждаются в дальнейшем осмыслении.

3. Имеет место некоторая асимметрия отклонений. Отклонения в сторону возрастания потребностей происходят реже, но в большей мере, чем отклонения в сторону снижения потребностей относительно среднеожидаемого уровня потребления теплоэнергии и топлива на отопление.

4. При переходе от наиболее холодных к относительно теплым регионам возрастает частота и интенсивность отклонений превышающих заданный пороговый уровень.

5. Имеет место большая синхронность отклонений потребностей в теплоэнергии на отопление соседних экономических районов. Для больших отклонений (превышающих 5% и тем более 10% от среднеожидаемой потребности) имеет место синхронность отклонений даже для удаленных друг от друга регионов. Этот факт свидетельствует о малых возможностях повышения надежности энергоснабжения за счет межрегионального маневрирования поставками топлива.

6. Обсуждавшиеся в данной книге методические проблемы расчета разных показателей в самом общем виде можно рассматривать как проблему выбора корректной формы сочетания аддитивных и мультипликативных процедур. В дальнейшем планируется остановиться на этой проблеме специально.

7. На основе представленных здесь результатов анализа диапазонов, интенсивностей, синхронностей и вероятностей колебаний потребности в топливе на отопление, а также на основе (не отраженного здесь) исследования сезонных колебаний в производстве и потреблении топлива можно осуществлять разработки по определению рационального состава средств обеспечения надежности топливоснабжения. Результаты таких разработок (они представлены в [5, 10, 20–23, 26, 34–45, 48, 49, 51, 52, 65, 66]) планируется детально рассмотреть в дальнейшем.

ПРИЛОЖЕНИЕ. КЛИМАТ И ЭКОНОМИКА: РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА СТРАН СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ

В данном приложении приводятся результаты исследований климатических особенностей стран северного полушария. Рассматриваются взаимосвязи среднегодовых температур в столицах этих государств с диапазонами сезонных колебаний температур, с продолжительностью расчетных отопительных периодов, с плотностью населения и размерами среднедушевого (валового внутреннего продукта). Обсуждается необходимость разработки особого подхода к организации функционирования и развития российской экономики ввиду суровых климатических условий нашей страны.

1. Цель исследования

«Русский государственный строй – это строгая военная дисциплина вместо гражданского управления, это перманентное военное положение, ставшее нормальным состоянием государства».

Астольф де Кюстин

«Россия в 1839 году»

Очевидно, что после 2014 г. российская внутриэкономическая политика должна существенно измениться. Необходимо проанализировать, в чем причины наших неудач в реализации рыночных преобразований экономики, почему европейские и североамериканские страны с развитой рыночной экономикой заняли конфронтационную позицию по отношению к России.

В данном приложении в качестве эпиграфов использованы высказывания о России известного французского путешественника, маркиза Астольфа Луи Леонор де Кюстин из его книги «Россия в 1839 году» [67]. Хотя с момента ее выхода в свет прошло уже 170 лет, она отражает давно укоренившиеся представления о России, донныне бытующие как у простых обывателей, так и пред-

ставителей элиты общества западных стран. Обычно такого типа высказывания не делаются публично. Хотя можно было привести еще более негативные представления о жителях восточной Европы и, особенно, о народах Советского Союза, опубликованные в 20-х годах в известной книге А. Гитлера «Моя борьба». А эта книга отражала идеологию не только жителей немецкого государства, но и многих других жителей Европы, участвовавших в истребительном походе Второй мировой войны на Советский Союз. (Кстати, эта книга была опубликована в СССР для служебного пользования на русском языке до войны и хорошо была известна руководству страны, и уже поэтому все «открытия» последних десятилетий о помощи СССР фашисткой Германии [68] явно ошибочные – этого быть не могло, хотя бы из стремления к самосохранению). В чем мы другие?

Одно из возможных объяснений было дано в книге А.П. Паршева «Почему Россия не Америка» [69]. Россия расположена на территории с суровыми климатическими условиями, поэтому в ней объективно необходимы иной уклад жизни, иные формы организации экономики, чем в западноевропейских странах. Основная цель данного материала состоит в попытке (не претендующей на полноту) рассмотреть различия климатических условий в разных странах и их взаимосвязь с развитием экономики. Насколько существен этот фактор?

2. Две особенности российской экономики

«Российская империя – это огромный театральный зал, в котором из всех лож следят лишь за тем, что происходит за кулисами»

Астольф де Кюстин

Можно выделить много исторически устойчиво сложившихся особенностей у России (или более широко – у «евразийского пространства»), основную часть которого составляет современная Россия). Одной из них является, по всей

видимости, высокая концентрация власти, большая роль столицы при довольно пассивном участии в организации экономической жизни страны жителей обширных российских пространств. Это касается и политической, и судебной, и экономической властей. Можно ли считать такого рода факты случайными? Нет ли каких-то глубинных объективных причин в особой организации российской экономической и политической жизни?

Условия функционирования российской экономики в большой мере складываются под влиянием сурового климата и низкой плотности населения при обширных российских пространствах, сильно влияющих на ее организацию и эффективность.

Данные особенности обуславливают огромное инфраструктурное значение для всей экономики двух ее секторов – энергетики и транспорта. Из истории России можно видеть, что часто именно успехи в развитии этих сфер, в том числе в создании новых энергетических баз и новых транспортных магистралей, давали импульс для развития страны.

Между этими двумя факторами существует взаимосвязь. Плотность населения можно рассматривать как функцию от климатических условий. В табл. 13 приведены данные о среднегодовых температурах в столицах отдельных стран и плотность населения этих стран.

Данные по плотности населения в табл. 1 были взяты из географического веб-справочника «О странах», раздел «Плотность населения стран мира» [70] по состоянию на июль 2009 г. В качестве данных для расчета среднегодовых температур столиц выбранных стран были использованы посуточные температуры атмосферного воздуха за 1900-2014 гг., предоставленные электронным ресурсом метео-климатического и гидрологического мониторинга «Температурные данные» [71].

Страны в этой и в последующих таблицах упорядочены в порядке возрастания среднегодовых температур в их столицах.

**Среднегодовые температуры в столицах и плотность населения
некоторых стран**

Страна	Среднегодовые температуры	Плотность населения, чел./км ²
Монголия	-2,4	1,77
Казахстан	3,2	5,96
Финляндия	4,5	15,87
РФ	5,0	8,39
Белоруссия	5,8	45,61
Канада	6,2	3,43
Украина	7,7	75,98
Великобритания	9,5	254,03
Германия	9,9	229,12
Италия	10,5	200,52
Франция	10,7	119,64
Китай	12,5	139,57
США	14,5	33,10
Япония	16,3	337,16

Из данных этой таблицы видно, что повышение среднегодовой температуры сопровождается, как правило, ростом плотности населения. Имеющиеся исключения объясняются другими, дополнительными факторами. В том числе степень «континентальности» страны, а также тем, что среднегодовые температуры столицы отличаются от климатических условий всего государства. Указанную выше связь наглядно иллюстрирует рис. 11, на котором графически представлена полученная положительная регрессионная зависимость плотности населения от среднегодовых температур.

Ряд стран существенно отклоняются от построенной линейной зависимости. Причем отклонения некоторых из них образуют ортогональную прямую к исходной общей зависимости. Это Великобритания, Германия, Италия, Китай и США. Эта ортогональная зависимость представлена на рис. 11 пунктирной линией. Выявленное отклонение означает, что связь плотности населения и среднегодовых температур не строго функциональная. На плотность населения в разных странах сказываются и другие факторы.

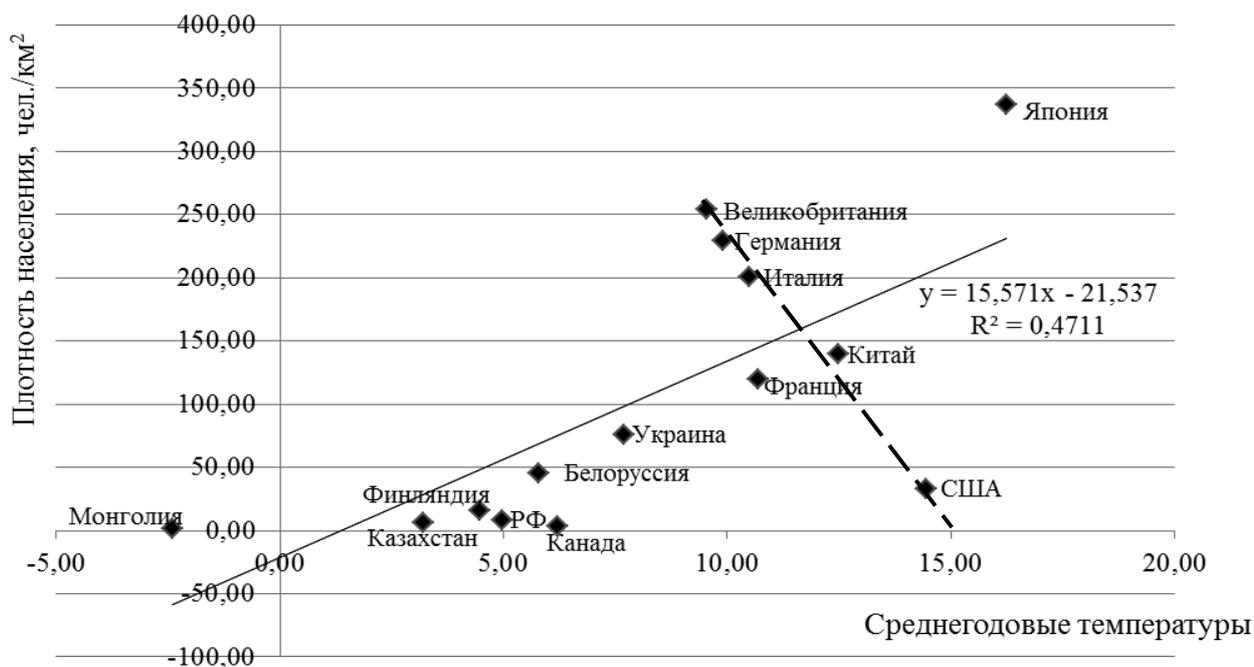


Рис. 11. Распределение стран по плотности населения (чел./км²) и среднегодовым температурам в столицах (t°С).

В качестве одного из таких факторов можно рассматривать степень континентальности государств. Сильное отклонение от регрессионной зависимости Японии, Великобритании и Италии объясняется островным и полуостровным характером этих государств, близостью основной массы населения этих государств к морским портам.

Другим фактором, оказывающим влияние на указанную зависимость, является неоднородность природно-климатических условий внутри стран. Например, сильное «выпадение» из приводимой линейной зависимости США отражает, в том числе, и тот факт, что 20% ее территории занимает Аляска, где практически не живут американцы, а также большой удельный вес на остальной территории США пустынь, полупустынь, горной местности.

Отклонение «вверх» от исходной регрессионной зависимости Германии объясняется высоким уровнем экономического развития этого государства, историческими причинами.

3. Климатические показатели

«Страсть блистать обуревает русских. Поэтому в их гостиных цветы расставляют не так, что бы сделать вид комнаты более приятным, а чтобы ими удивлялись извне».

Астольф де Кюстин

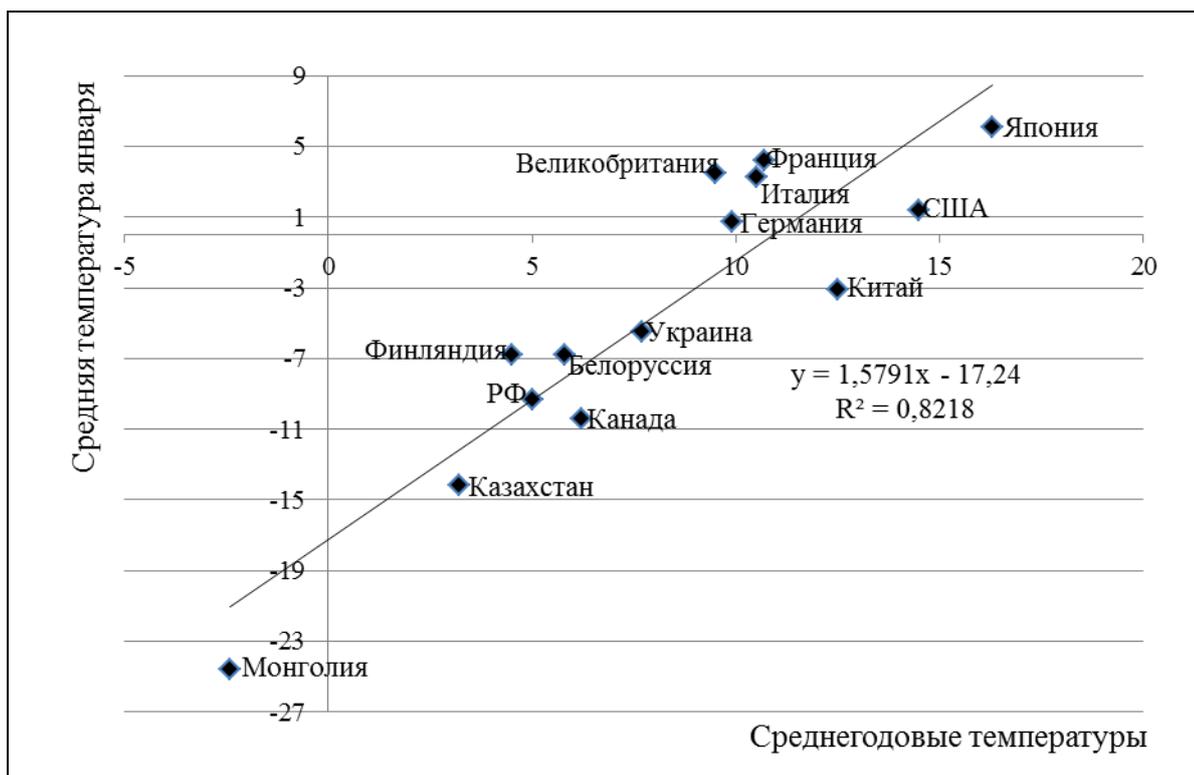
Кроме среднегодовых температур могут использоваться и другие показатели степени «суровости-мягкости» климата, в том числе средние температуры самого холодного месяца – января и самого теплого – июля, а также диапазоны сезонных колебаний температур. Как видно из данных табл. 14, все три показателя по разным странам тесно связаны с показателем среднегодовой температуры. Эти взаимосвязи наглядно представлены на рис. 12 и 13.

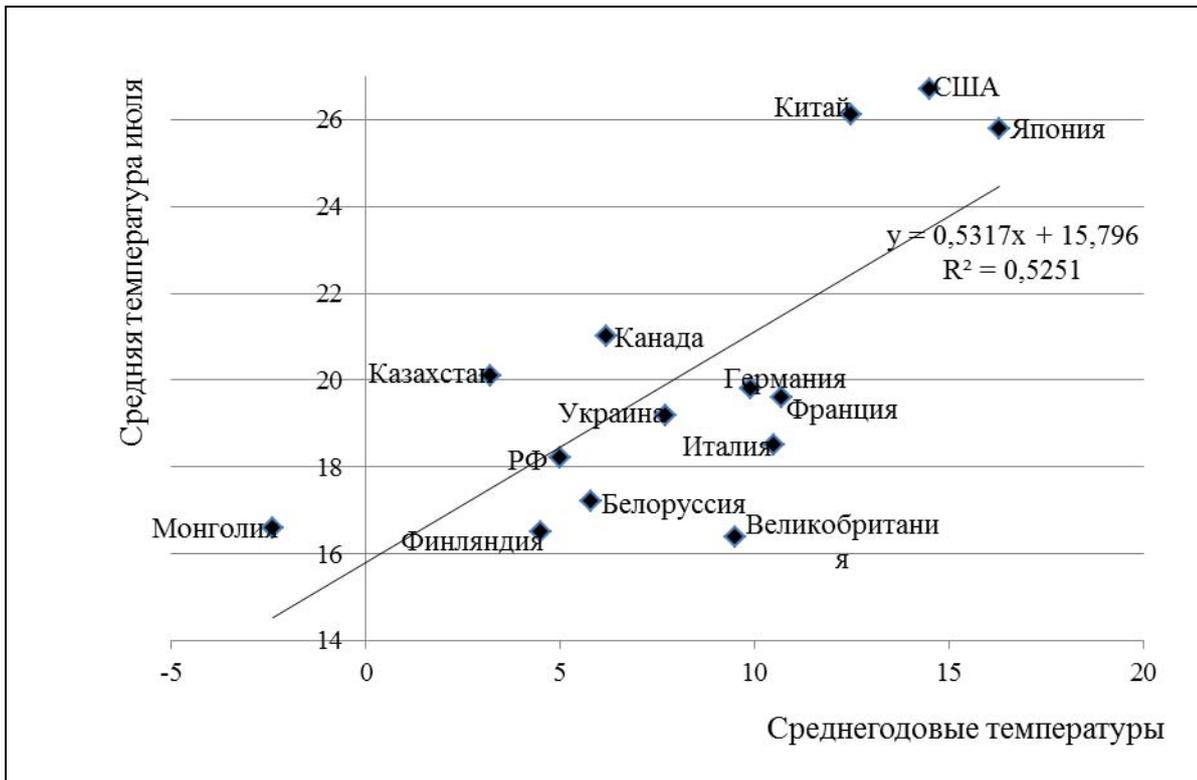
Т а б л и ц а 14

Основные температурные показатели по странам

Страна	Город	Средняя температура		Среднегодовые температуры	Диапазон сезонных колебаний температуры
		января	июля		
Монголия	Улан-Батор	-24,6	16,6	-2,4	41,2
Казахстан	Астана	-14,2	20,1	3,2	34,3
Финляндия	Хельсинки	-6,8	16,5	4,5	23,3
РФ	Москва	-9,3	18,2	5,0	27,5
Белоруссия	Минск	-6,8	17,2	5,8	24,0
Канада	Оттава	-10,4	21,0	6,2	31,4
Украина	Киев	-5,5	19,2	7,7	24,7
Великобритания	Лондон	3,5	16,4	9,5	12,9
Германия	Берлин	0,7	19,8	9,9	19,1
Италия	Рим	3,3	18,5	10,5	15,2
Франция	Париж	4,2	19,6	10,7	15,4
Китай	Пекин	-3,1	26,1	12,5	29,2
США	Вашингтон	1,4	26,7	14,5	25,3
Япония	Токио	6,1	25,8	16,3	19,7

В странах с более низкой среднегодовой температурой, как правило, существенно ниже температуры и января, и июля. При этом понижение температуры июля оказывается меньшим, чем января. Если понижение на 1 градус среднегодовой температуры соответствует понижению температуры января на 1,6 градуса, то понижение температуры июля, согласно полученным регрессионным зависимостям, равно всего 0,5 градуса (рис.12). В итоге при переходе от стран с холодным к более теплому климату диапазон сезонных колебаний температур (разница между средней температурой июля и января) сокращается. Это хорошо видно на рис.13. Причем диапазон сезонных колебаний температур сокращается примерно на 1 градус при увеличении среднегодовой температуры на 1 градус, как это и можно было ожидать из данных рис.12.





(б)

Рис. 12. Взаимосвязи среднегодовых температур и температур января и июля.

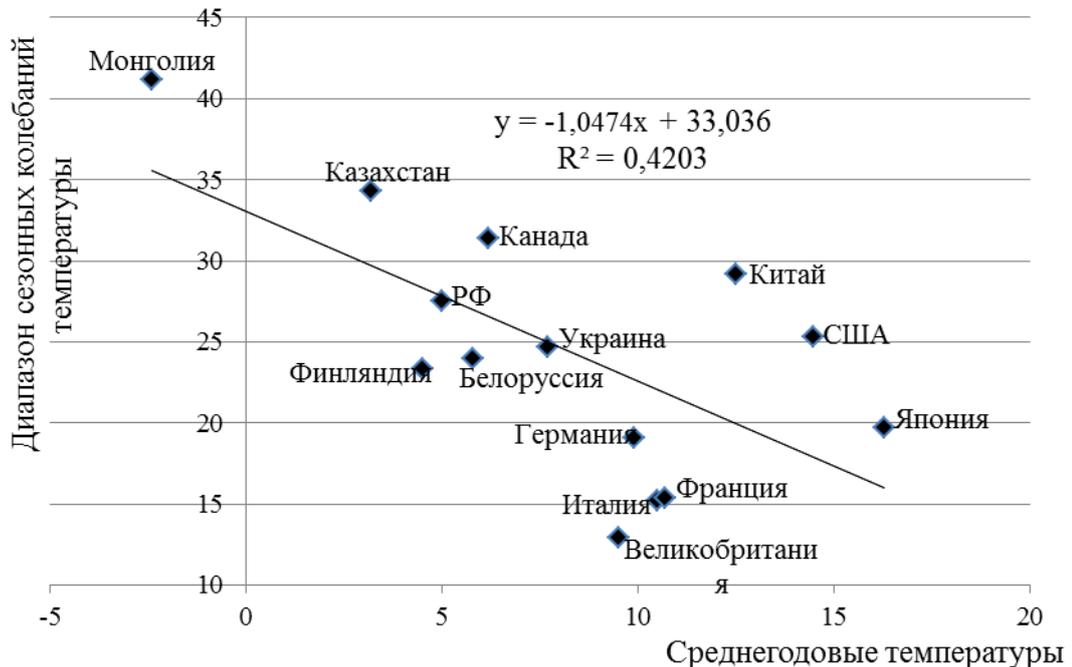


Рис. 13. Распределение стран по диапазону сезонных колебаний и среднегодовым температурам.

На рис. 12(а) наглядно показана положительная корреляционная зависимость между средней температурой января и средней годовой температурой, на

рис. 12(б) между средней температурой июля и средней годовой. Коэффициент детерминации в первом случае равен 82,18%, во втором он существенно меньший – 52,51%. Это позволяет утверждать, что показатель «средняя температура января» является вполне объективным для оценки степени «суровости-мягкости» климата и может быть использован вместо среднегодовых температур. Летние температуры в меньшей мере могут служить характеристиками суровости климата.

Рис. 13 иллюстрирует отрицательную корреляционную зависимость диапазонов сезонных колебаний от среднегодовых температур. Чем более холодная страна, тем, как правило, шире диапазон сезонных колебаний температур. Хотя эта связь проявляется не очень сильно (коэффициент детерминации равен 42,03%). Диапазон сезонных колебаний температур в большей степени служит характеристикой «континентальности» климата. Именно этим фактором объясняется то, что по диапазону колебаний внутригодовых температур первые места занимают такие страны, как Монголия, Казахстан, Китай, Россия.

4. Измерители степени суровости климата: продолжительность отопительного периода, средние зимние температуры, «градусодни»

В табл. 15 приведены, рассматривавшиеся нами применительно к экономическим районам СССР три среднесезонных природно-климатических показателя, связанных с условиями отопления зданий и сооружений в зимнем периоде. Один из них – продолжительность отопительного периода. Для определения продолжительности отопительного периода использовалось такое же, как и выше, формализованное правило: если в течение 5 суток температура атмосферного воздуха будет ниже 8°C , то считается, что отопительный период начинается, если же в течение 5 суток температура будет выше 8°C , то отопительный сезон заканчивается.

Второй показатель – средняя за отопительный период температура наружного воздуха. Она в табл. 15 определялась как среднесезонная от

среднесуточных температур за все, рассматривавшиеся отопительные периоды (зимы).

Третий показатель (в табл. 15 он расположена в первом столбце) – средняя интегральная разность температур (измеряемая в градусоднях) внутри и вне зданий за отопительный период. Она определяется путем усреднения результатов расчета интегральной разности температур за каждый из рассматривавшихся отопительных периодов. Интегральная разность температур в отдельном отопительном периоде определяется путем суммирования разницы температур внутри и вне здания по всем дням отопительного периода. Нормативное значение температуры внутри здания в представленных здесь расчетах было принято равным $18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Таким образом, если от $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ отнять среднюю зимнюю температуру и умножить полученное число на продолжительность отопительного периода, то получим показатель интегральной разности температур.

Т а б л и ц а 15

Средние за многолетний период климатические характеристики стран

Страна	Интегральная разность температур, градусодни	Продолжительность отопительного периода, дни	Среднезимние температуры
Монголия	7060,2	243	-11,05
Казахстан	5533,6	212	-8,10
Финляндия	4983,7	273	-0,26
РФ	4058,7	212	-1,14
Белоруссия	3475,5	197	0,36
Канада	3554,6	181	-1,64
Украина	2876,6	151	-1,05
Великобритания	2960,1	165	0,06
Германия	2100,2	142	3,21
Италия	958,7	58	1,47
Франция	1543,4	118	4,92
Китай	2269,1	149	2,77
США	1309,3	90	3,45
Япония	690,9	59	6,29

Отношения значения показателя интегральной разности температур в разных регионах могут служить для сопоставления потребностей в теплоэнергии и в топливе для отопления одного и того же по конструкции помещения.

Как мы видим из данных табл. 15, рассматриваемые нами страны сильно различаются по всем трем указанным характеристикам. Так для отопления одного и того же здания в Монголии требуется примерно в 10 раз больше теплоэнергии, чем в Японии. Продолжительность отопительного периода в Монголии примерно в 6 раз длиннее, чем в самой теплой из рассматриваемых стран – Японии. При этом, если средние температуры за длительные отопительные периоды в Монголии, Казахстане, Финляндии, России отрицательные, то в Японии, США, других странах с относительно коротким отопительным периодом и средние температуры за отопительный период положительные.

Приведенные выше (табл. 1, 2) значения рассматриваемых трех средне-многолетних характеристик для экономических районов России показывают, что по всем им Москва имеет средние метеорологические условия и даже может считаться относительно более теплым по этим характеристикам пунктом наблюдения. Только Северо-Кавказский район из приведенных в данной таблице имеет меньшую интегральную разность температур, меньшую продолжительность отопительного периода и более теплую в среднем с зиму, чем Москва. Эти характеристики Москвы близки к характеристикам Центрально-Черноземного района. То есть можно утверждать, что данные по Москве дают несколько завышенные характеристики природно-климатических факторов, чем усредненные их значения по России. Особенно, если это усреднение осуществлять пропорционально площадям регионов России.

Многие обширные регионы России (Дальний Восток, Восточная Сибирь, Западная Сибирь, Северо-Западный район и даже Урал) находятся в более холодных условиях (по рассматриваемым трем природно-климатическим характеристикам), чем Финляндия и даже Казахстан. Расходы теплоэнергии и топлива на отопление не только зданий, но и, конечно, на работающие машины и механизмы, на подогрев сырья, полуфабрикатов в различных производствах и даже на подогрев самого топлива перед его сжиганием во многих регионах России на много выше, чем в иных рассматриваемых здесь странах.

5. Климат и уровень жизни

«Величайшее удовольствие русских – пьянство, другими словами – забвение. Несчастливые люди! Им нужно бредить, чтобы быть счастливыми».

Астольф де Кюстин

В табл. 16 представлены данные о среднегодовых температурах и душевом валовом внутреннем продукте (ВВП) в рассматриваемых странах, на основе которых была построена регрессионная зависимость (рис. 14).

Полученная зависимость отражает ожидаемый факт, что страны с более благоприятными природными условиями имеют, как правило, и более высокие уровни жизни и развития экономики. Правда, эта зависимость проявляется не столь уж однозначно. Имеются многие существенные отклонения от регрессионной прямой. Эти отклонения отражают отчасти несовершенство рассматриваемых показателей, в том числе показателя валового внутреннего продукта. Например, Монголия имеет совершенно особый уклад жизни населения, для которого неприменимы стандарты и показатели уровня жизни жителей европейских стран.

Существенное значение имеют и исторические особенности отдельных стран. Например, Украина в 1980-х годах была наиболее развитой республикой СССР – по промышленному, сельскохозяйственному производству, а также по уровню жизни населения. Крайне неудачное реформирование экономики Украины после распада Советского Союза привело к тому, что в настоящее время средний уровень доходов граждан этой страны стал примерно в 2,5 раза ниже, чем в России, Казахстане и Беларуси. Особенно важно здесь сопоставление с Беларусью, которая, в отличие от России и Казахстана не обладает крупными запасами дорогих природных ресурсов.

Среднегодовые температуры в столицах, валовый внутренний продукт и электропотребление на душу населения стран северного полушария

Страна	Среднегодовая температура	ВВП на душу населения, долл. США*	Электропотребление на душу населения, кВт*ч/чел
Монголия	-2,4	5462	1,577
Казахстан	3,2	20772	4,893
Финляндия	4,5	38611	15,738
РФ	5,0	22502	6,486
Белоруссия	5,8	16577	3,628
Канада	6,2	52219	16,473
Украина	7,7	8295	3,662
Великобритания	9,5	38514	5,472
Германия	9,9	41514	7,081
Италия	10,5	32522	5,515
Франция	10,7	39772	7,292
Китай	12,5	6569	3,298
США	14,5	49965	13,246
Япония	16,3	46720	7,848

*Материалы по душевым ВВП (долл. США) и электропотреблению (кВт*ч/чел) взяты с официального сайта Всемирного банка, раздел «ВВП на душу населения» [72] по состоянию на 2012 г. и раздел «Электропотребление на душу населения» по состоянию на 2011 г. [73].*

Согласно данным, приведенным на рис. 14, положительная связь между «теплотой» климата и уровнем жизни в разных странах не является тесной. Коэффициент детерминации составляет всего лишь 25%. Даже чисто визуально на этом рисунке можно заметить сильные отклонения от линейной зависимости некоторых стран, особенно Канады, Украины, Китая, Финляндии.

Обратим особое внимание на высокий уровень жизни в Финляндии, расположенной заведомо в более неблагоприятных климатических условиях, чем большая часть (по проживающему населению) России. Причем высокий уровень экономического развития этой страны в отличие от Германии, Японии или Англии нельзя объяснить какими-то национальными особенностями. Как известно, финны превосходят среднестатистических россиян по многим парамет-

рам, которые обычно относят к «национальным особенностям» русских (и это не только любовь к баням). Тем более, что финно-угорские народы – это один из трех «базовых», наиболее многочисленных составляющих населения России (наряду со славянскими и тюркскими народами). Почему финно-угорские народы (карелы, мордва, марийцы, удмурты, коми, ханты, манси и др.), живущие на территории России более богатой природными ресурсами, чем Финляндия, не достигают столь же высокого уровня жизни, как финны? Представляется, что финский экономический феномен нуждается в специальном изучении.

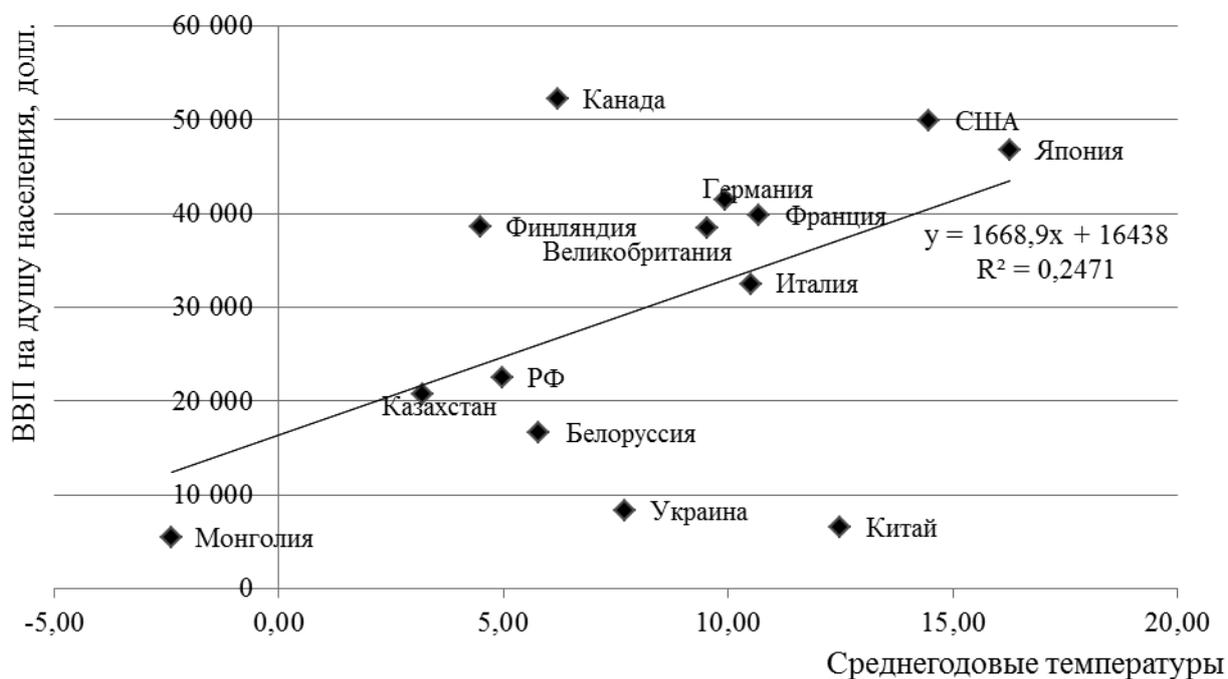


Рис. 14. Распределение стран по душевому ВВП и среднегодовым температурам.

Одной из характеристик уровня жизни и степени развитости экономики разных стран является потребление электроэнергии на душу населения. На рис. 15 представлены распределения стран по душевому электропотреблению и среднегодовым температурам в рассматриваемых странах. Прямая сплошная линия представляет рассчитанное методом наименьших квадратов уравнение линейной регрессии между среднегодовыми температурами и электропотреблением на душу населения в разных странах. Как видим, страны с более теплым климатом, как правило, потребляют на душу населения больше электроэнергии.

Конечно, страны с более холодным климатом при прочих равных условиях нуждаются в большем энергопотреблении. Однако потребление электроэнергии в данном случае отражает в большей мере здесь более высокий уровень жизни в странах с более теплым климатом. При этом коэффициент тесноты связи равный 3,38% позволяет судить об очень слабой зависимости.

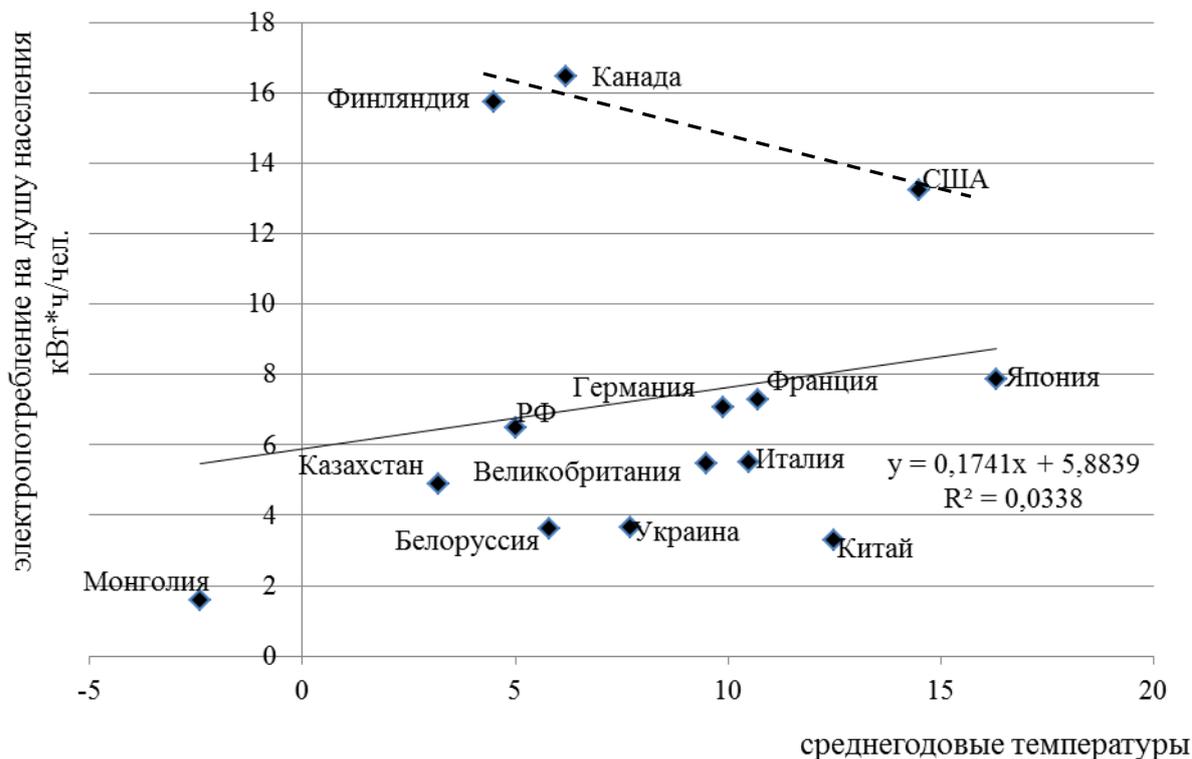


Рис. 15. Распределение стран по душевому электропотреблению и среднегодовым температурам.

Следует заметить, что Финляндия, Канада и США оказались далеко отстоящими от выявленной линии регрессии. В этих странах электропотребление на душу значительно выше, чем в других рассматриваемых странах. Если построить линию регрессии только для этих трех стран, то она формируют иную, указанную как априори ожидавшуюся зависимость – рост душевого энергопотребления при переходе от стран с более теплым климатом к странам с более холодным климатом. Если исключить из рассмотрения страны с высоким уровнем жизни, к которым относятся Финляндия, Канада и США, то положительная зависимость между среднегодовыми температурами и душевым электропотреб-

лением у оставшихся стран будет, более тесной, как это можно увидеть из точек, написанных на рис. 5.

6. Обсуждение

«И не пройдет 50 лет, как либо цивилизованный мир вновь попадет под иго варваров, либо в России вспыхнет революция гораздо более страшная, чем та, последствия которой Западная Европа чувствует до сих пор».

Астольф де Кюстин

Кроме приведенных в начале данного приложения, можно отметить еще и ряд других особенностей российского (евразийского) пространства.

1. Мирное (неистребительное) длительное сосуществование многих народов, многообразие вероисповеданий, укладов, широкий генофонд.

2. Многовековое существование обширных государственных образований: Биармия, гунны, скифы, Хазария, Булгария, Монгольская империя, Княжество Литовское, Джунгария, Российская империя, СССР.

3. Периодическое «отставание» в экономическом развитии и переход на «передовые позиции» при сильной государственной власти за счет концентрации ресурсов на решение задач усиления военной и экономической мощи государства.

Представляется, что и эти особенности, так же как и низкую плотность населения, можно рассматривать как следствия особых природных условий.

Суровые климатические условия большинства регионов России, их континентальное расположение (удаленность от морских портов) обуславливают необходимость выбора особых путей в организации экономики, о чем было ярко написано в книге А.П. Паршева [69]. В качестве способов «противодей-

ствия» рассматриваемым негативным факторам можно назвать использование планового опережающего развития инфраструктурных секторов экономики (прежде всего энергетики и транспорта), концентрацию единичных мощностей в целях снижения удельных затрат, использование нестандартных технических решений. Например, нет смысла надеяться, что на просторах малозаселенной России когда-либо будет создана и успешно функционировать столь же плотная и эффективная сеть автомобильных или железных дорог, как в европейских странах. Поэтому очень актуальна разработка и использование специальных, приспособленных к условиям России транспортных средств – снегоходов, экранопланов, дирижаблей.

Как отмечалось [69], в России из-за суровых природных условий объективно значительно дороже, чем в Западной Европе, Америке, странах Юго-Восточной Азии, Австралии:

- строительство;
- энергообеспечение;
- одежда;
- питание.

При этом российские предприятия несут повышенные транспортные затраты в силу большой рассредоточенности по территории страны предприятий-смежников, невозможности широкого использования водного транспорта. Как известно, водные перевозки (речным и морским транспортом) в десятки раз дешевле, чем по железной дороге, и в сотни раз дешевле (скажем, на тонно-километр перевозимых грузов), чем перевозки автомобильным транспортом.

Поэтому даже при относительно дешевых природных ресурсах каждый следующий этап «передела» сильно удорожает продукцию. Необходимо смириться с тем, что Россия – объективно ресурсная страна. Использование природных ресурсов вполне закономерно является основным источником доходов экономики России. В этой связи особенно актуально исследование проблем изъятия и эффективного использования рентных доходов с природных ресурсов.

Объективно в экономике России должна присутствовать высокая степень монополизации экономической деятельности. В силу низкой плотности населения, удаленности многих поселков и городов от транспортных магистралей многие сферы экономической деятельности во многих регионах имеют характер рынков несовершенной конкуренции – монопольных, монопсонных или олигопольных и олигопсонных рынков. Сюда же относится очень актуальная для России проблема моногородов. Как известно, развитие промышленности на базе уникальных ресурсов путем создания моногородов, экономия на инфраструктурных затратах путем увеличения единичных мощностей предприятий, концентрация производства в крупных городах, экономия за счет отказа от создания конкурирующих предприятий – все это обуславливает необходимость активного государственного регулирования развития и функционирования экономики [74].

Литература

1. Хрилев Л.С. О влиянии климатического фактора на перспективную структуру топливно-энергетического баланса // Теплоэнергетика, 1960, №2, с.16–20
2. Хрилев Л.С. Методика определения неравномерности расхода газа на отопление // Газовая промышленность, 1967, №1, с. 25–30.
3. Хрилев Л.С. Теплофикация и топливно-энергетический комплекс. – Новосибирск: Наука, 1967, 277 с.
4. Великанов М.А., Некрасов А.С., Резниковский А.Ш. Оценка асинхронности многолетних колебаний расхода топлива под воздействием геофизических факторов // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт, 1988, №2, с. 151–157.
5. Некрасов А.С., Великанов М.А., Горюнов П.В., Перепелкин А.В., Полянская Т.М. Надежность топливоснабжения электростанций. Методы и модели исследований. – М.: Наука, 1990 – 199 с.
6. Мазур Ю.Я. Проблемы маневренности в развитии энергетики. – М.: Наука, 1986.
7. Некрасов А.С., Великанов М.А. Многолетнее регулирование расходов топлива на отопление и вентиляцию // Достижения и перспективы. Сер.: Энергетика. М.: МЦНТИ КСА при президиуме АН СССР, 1986, вып. 46, с. 85–98.
8. Видгоп Л.Н. Колебания спроса на топливо. – Л.: Недра, 1976.
9. Видгоп Л.Н., Козырев Б.А., Шумилов Г.Д., Романовский И.В. Математические методы обработки исходной информации и прогнозирования показателей сезонного спроса на топливо в промышленности // Математические методы в экономике газо- и нефтеснабжения. – М.: Недра, 1966.
10. Горюнов П.В., Серегин В.И., Цветков Е.В., Щуров В.М. Экономико-математическая модель планирования топливоснабжений электростанций // Электрические станции, 1977, №12.
11. Крөгериш А.Ф., Мазур Ю.А., Руденко Ю.Н., Чельцов М.Б. Вопросы маневренности и надежности системы топливоснабжения // Долгосрочное прогнозирование развития систем энергетики, их маневренность и надежность. – Рига: Зинатне, 1983.

12. Кугелявичус И.Б., Шустерис М.Г., Янкаускас В.Ю. Анализ неравномерности потребления энергии и топлива в экономическом районе // Проблемы развития топливно-энергетического комплекса Северо-Запада СССР. – Вильнюс: Мокслас, 1980.
13. Мазур Ю.А., Мытус М.М. Проблемы надежности топливоснабжения района // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. – 1976. – №1.
14. Мытус М.М. Прогнозирование спроса на топливо // Изв. АН СССР. Общественные науки. – 1970. – №3.
15. Мытус М.М., Соосаар С.О. Маневренность топливоснабжения // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. – Ереван: Айастан, 1983. – Вып. 24, кн. 1.
16. Некрасов А.С., Полянская Т.М. Учет сезонной неравномерности топливопотребления при планировании развития системы углеснабжения // Вопросы регулирования топливоснабжения. – М.: ЦЭМИ АН СССР, 1972.
17. Оганесян Л.А. Разработка математических моделей режимов потребления топлива и исследования факторов, формирующих сезонные неравномерности в общей системе топливоснабжения // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. – Иркутск: СЭИ СО АН СССР, 1976. – Вып. 13.
18. Руденко Ю.Н. Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. – 1978. – №1.
19. Савицкий В.Б. Регулирование сезонной неравномерности потребления нефтепродуктов // Транспорт и хранение нефти, нефтепродуктов и углеводородного сырья. – М.: ВНИИОЭНГ, 1968. – №12.
20. Синяк Ю.В. Проблема моделирования энергетического баланса страны в текущем народнохозяйственном плане // Тр. конф. по оптимальному планированию и управлению народ. хоз-вом.– М.: ЦЭМИ АН СССР, 1970.
21. Синяк Ю.В. Принципы сопоставления оптимального топливно-энергетического баланса страны и экономического района в народнохозяйственном плане // Тр. совещ. по вопросам методики и практики совместной оптимизации топливно-энергетических балансов страны и отдельных экономических регионов, Т.1. – Тбилиси: НС КПЭ, 1970.

22. Синяк Ю.В., Разыков В.А. Моделирование топливопотребления сложной электроэнергетической системы // Вопросы регулирования топливоснабжения. – М.: ЦЭМИ АН СССР, 1972.
23. Ставровский Е.Р., Халфин С.Л., Шлосман С.Б. Модели и методы нормирования показателей надежности с использованием мощностей в системах нефте- и газоснабжения // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. – Новосибирск: Наука, 1986. – Вып. 31.
24. Старовойтов С.Н., Санникова С.И., Хатаржанова Г.Б. Изучение адаптивных характеристик нефтеперерабатывающих предприятий // Учет факторов неопределенности в отраслевом планировании. – Новосибирск: Наука, 1979.
25. Фурман И.Я. Показатели сезонной неравномерности газопотребления и методика их определения // Газовое дело. – 1962. – №12.
26. Фурман И.Я. Регулирование неравномерности газопотребления. – М.: Недра, 1973.
27. Фурман И.Я., Печечкин И.Я. Применение метода математической статистики при определении величины неравномерности газопотребления // Газовая промышленность. – 1964. – №5.
28. Мазур Ю.Я. Учет режимов потребления и добычи топлива при определении топливных резервов // Вопросы регулирования топливоснабжения. – М.: ЦЭМИ АН СССР, 1972.
29. Зеберг В.А. Режимы тепло- и топливоснабжения сельского хозяйства. – Рига: Зинатне, 1979. – 148 с.
30. Кузнецов Ю.А. Построение оптимального энергетического баланса с учетом режимов газопотребления при помощи ЭВМ // Изв. СО АН СССР. Серия общественных наук, 1963, №1.
31. Хрилев Л.С. Применение теории вероятности для определения расчетных расходов газа // Газовая промышленность, 1964, №12, стр. 27–30.
32. Хрилев Л.С. Методика оценки климатического фактора при разработке схем топливо- и газоснабжения // Математические методы в экономике газо- и нефтеснабжения. – М.: Недра, 1960.
33. Зоркальцев В.И. Влияние сезонного фактора на промышленное производство // Изв. СО АН СССР. Серия общественных наук, 1978.

34. Зоркальцев В.И. Методы прогнозирования и оптимизации при текущем планировании (на примере системы топливоснабжения). Дис. на соиск. учен. степ. канд. экон. наук по специальности 08.00.13 – Математические методы и приложение вычислительной техники в экономических исследованиях, планировании и управлении народным хозяйством. Иркутск: СЭИ СО АН СССР, 1978.
35. Зоркальцев В.И. Методы прогнозирования и анализа эффективности функционирования системы топливоснабжения. Дис. на соиск. учен. степ. докт. техн. наук по специальности 05.13.16. – Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях (энергетики). Сыктывкар: АН СССР, Коми НЦ УрО АН СССР, 1988.
36. Зоркальцев В.И., Криворучий Л.Д., Малевская Т.В., Парфенова Г.Н., Оленкевич В.П., Павловский А.А., Пяткова Н.И., Сафронов А.Н., Фаттахов Р.Б. Экономико-математическая модель для анализа надежности ТЭК // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Ереван: Айастан, 1983.
37. Зоркальцев В.И. // Методы прогнозирования и анализа эффективности функционирования системы топливоснабжения. – М.: Наука, 1988.
38. Зоркальцев В.И., Шевелев В.В. Модель управления запасами с учетом сезонных и случайных колебаний // Вопросы оптимизации отраслевых систем в районах нового освоения. – Новосибирск: ИЭ и ОПП СО АН СССР, 1978.
39. Зоркальцев В.И. Учет сезонной неравномерности топливопотребления в моделях краткосрочного планирования // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. – Иркутск: СЭИ СО АН СССР, 1978. – Вып. 13.
40. Зоркальцев В.И., Чельцов М.В. Проблемы исследования и оптимизации процессов топливоснабжения // Системы энергетики: тенденции развития и методы управления. – Иркутск: СЭИ СО АН СССР, 1980. – Т.1.
41. Зоркальцев В.И., Ушакова Т.В. Место и роль экономико-математических методов при текущем планировании ТЭК // Электронное моделирование. – 1978, №4.
42. Зоркальцев В.И., Шевелев В.В. Проблемы надежности при текущем планировании и оперативном управлении // Методические вопросы исследования

надежности больших систем энергетики. – Иркутск: СЭИ СО АН СССР, 1980. Вып. 20.

43. Зоркальцев В.И., Малевская Т.В., Парфенова Г.Н. Пути повышения надежности текущих планов топливоснабжения // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. – Ереван: Айастан, 1983. – Вып. 24.

44. Зоркальцев В.И. Моделирование сезонной неравномерности топливо- и энергоснабжения при текущем планировании топливо- энергетического комплекса // Моделирование и оптимизация больших систем энергетики. – Иркутск: СЭИ СО АН СССР, 1975.

45. Балабанова Г.Л., Зоркальцев В.И., Иванова Е.Н., Ушанов В.В. Экономическая эффективность резервирования топлива на случай холодных зим. Серия препринтов «Научная рекомендация народному хозяйству». – Сыктывкар: Коми НЦ АН СРО СССР, 1988, Вып. 56.

46. Зоркальцев В.И., Иванова Е.Н. Анализ интенсивности и синхронности колебаний потребности в топливе на отопление. Серия препринтов «Автоматизация научных исследований» – Сыктывкар: Коми НЦ УрО АН СССР, 1989, 24 с.

47. Зоркальцев В.И., Шарапов Ю.А. Не последняя холодная зима. – ЭКО, 1986, №5.

48. Зоркальцев В.И., Иванова Е.Н., Певный А.Б. Обоснование целесообразности введения нормативов на страховые запасы топлива многолетнего регулирования // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Вып. 31. – Новосибирск: Наука, 1988.

49. Зоркальцев В.И., Колобов Ю.И. Имитационная модель изучения надежности топливоснабжения установок // Применения математических методов в анализе и регулировании отраслей народного хозяйства Европейского Северо-Востока. – Сыктывкар: АН СССР, Коми фил., 1984.

50. Зоркальцев В.И., Иванова Е.Н. Интенсивность и синхронность колебаний потребности в топливе на отопление по экономическим районам // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт, 1990, №6.

51. Зоркальцев В.И., Иванова Е.Н., Колобов Ю.И. Оценка рациональных резервов и запасов топлива на случай холодных зим для северных и центральных районов

европейской части СССР // Надежность систем энергетики регионов севера. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН СССР.

52. Зоркальцев В.И. Вопросы надежности топливно-энергетического комплекса СССР// Проблемы развития Тимано-Печерского топливно-энергетического комплекса. – Сыктывкар: АН СССР, Коми фил., 1983.

53. Зоркальцев В.И., Хажеев И.И. Исследование отклонений потребности в топливе на отопление на основе многолетних метеонаблюдений в Байкальском регионе. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2013. – 28 с.

54. Зоркальцев В.И., Хажеев И.И. Возможности краткосрочного прогнозирования расхода топлива на отопление. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2014. – 27 с.

55. Зоркальцев В.И., Хажеев И.И. Влияние природно-климатических факторов на экономику и энергетику // Сб. науч. тр. VIII междунар. шк.-симп. АМУР–2014. Симферополь ГТУ им. В.И. Вернадского, 2014.

56. Зоркальцев В.И., Губий Е.В. Анализ надежности топливоснабжения с энергетических плантаций // Мат. 3-й междунар. науч.-практ. конф. «Климат, экология, сельское хозяйство Евразии». – Иркутск, ИрГСХА, 2014.

57. Гневко Г.Т. Среднемесячная температура воздуха и продолжительность отопительного периода с температурой воздуха ниже 8°C для экономических районов СССР. (ч.1, ч.2). – Обнинск; ВНИИТМИ - МИД, 1981.

58. Зоркальцев В.И., Хажеев И.И. Как климат влияет на экономику // ЭКО, 2015, № 7.

59. Великанов М.А. Основы многолетнего регулирования топливоснабжения с учетом изменчивости гидрометеорологических условий. Дис. на соис. уч. ст. доктора технических наук по специальности 05.09.01 – Энергетические системы и комплексы. Москва: ЦЭМИ РАН, 1997.

60. Зоркальцев В.И. Анализ колебаний потребности в топливе на отопление по экономическим районам СССР на основе многолетних наблюдений температур / Тр. XII Байкальской междунар. шк.-семина. «Методы оптимизации и их приложения», Пленарные доклады. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2001.

61. Зоркальцев В.И. Закономерности холодных и теплых зим // Энергия, 1993, №6.

62. Зоркальцев В.И. Колебания потребностей в топливе на отопление по экономическим районам СССР. Препринт. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 1998.

63. Зоркальцев В.И. Хорошо бы знать заранее... // ЭКО. – 2010. – №5. – с. 76–89.
64. Зоркальцев В.И. серии холодных зим // ЭКО. – 2010. – №6. – с. 115–120.
65. Зоркальцев В.И. Модели и методы анализа средств регулирования колебаний расхода топлива на отопление (на основе метеорологических данных) / Тр. Восточно-Сибирского отд. Академии проблем водохозяйственных наук. – Иркутск, 2002.
66. Аксютин П.К., Зоркальцев В.И. Методические положения по расчету эксплуатационных запасов котельно-печного топлива в народном хозяйстве СССР // Надежность систем энергетики севера. – Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН СССР, 1990.
67. Астольф де Кюстин. Россия в 1839 году, в двух томах. – М.: Крига, 2008.
68. Дьяков Ю.Л., Бушуева Т.С. Фашистский меч ковался в СССР. – М.: Советская Россия, 1992.
69. Паршев А.П. Почему Россия не Америка / А.П. Паршев. – М.: Крымский пост, 2000. – 415с.
70. Географический справочник «О странах». Плотность населения стран мира. [Электронный ресурс]. URL: http://ostranah.ru/_lists/population_density.php (дата обращения :30.03.2015).
71. Архив метеоданных Всемирной метеорологической организации (World Meteorological Organization, WMO). [Электронный ресурс]. URL: <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/g sod/> (дата обращения: 30.03.2015).
72. Официальный сайт Всемирного банка (The World Bank). ВВП на душу населения. [Электронный ресурс]. URL: <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD> (дата обращения: 31.03.2015).
73. Официальный сайт Всемирного банка (The World Bank). Энергопотребление на душу населения. [Электронный ресурс]. URL: <http://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC> (дата обращения: 07.04.2015).
74. Зоркальцев В.И. Управление ТЭК при двухсекторной экономике // Изв. РАН. Энергетика, 1994, №1.

Научное издание

Зоркальцев Валерий Иванович

**Многолетние колебания температур
и проблемы надежности топливоснабжения**

Утверждено к печати Институтом систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН

Подписано к печати 24 декабря 2015 г.

Формат 60*80*1/16

Печ. л. 4,3.

Тираж – 200 экз.

Заказ N

Отпечатано на ризографе ИСЭМ СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130