

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева
Сибирского отделения Российской академии наук

Зоркальцев В.И.

**Многолетние вариации температур и их влияние на
экономику и энергетику**

Научный редактор чл.-корр. РАН *В.И. Суслов*



НОВОСИБИРСК
Академическое изд-во «ГЕО»
2017

УДК 330.115:620.9

3 86

Зоркальцев В.И. Многолетние вариации температур и их влияние на экономику и энергетику. – Новосибирск: Изд-во «Гео», 2017 – 179 с.

ISBN 978-5-9909583-9-5.

Представлены результаты исследований вариаций температур в зимний период и расчетных продолжительностей отопительных периодов в разрезе экономических районов бывшего СССР на основе данных многолетних метеорологических наблюдений. Исследуются диапазоны, интенсивности, синхронности и другие характеристики колебаний потребностей в тепловой энергии и в топливе на отопление. Рассматриваются проблемы обеспечения надежности энергоснабжения, разработанные для ее решения математические модели. Приводятся оценки резервов и запасов для регулирования сезонных и случайных колебаний в системе обеспечения котельно-печным топливом. На основе аксиоматического подхода рассматривается задача выбора метода выделения тренда и сезонных колебаний временных рядов.

Дан анализ климатических особенностей стран северного полушария и влияний этих особенностей на экономику, и энергетику рассматриваемых стран. В связи с задачей регулирования сезонности и сезонных колебаний рассмотрена проблема выбора наилучшей даты начала хозяйственного года в России.

Для студентов, аспирантов, ученых и широкого круга любознательных читателей.

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

Р е ц е н з е н т ы:

д-р геогр. наук *Н.М. Сысоева*,
д-р техн. наук *А.Д. Соколов*,
канд. техн. наук *Т.В. Дзюбина*

ISBN 978-5-9909583-9-5

© В.А. Зоркальцев, 2017
© Институт систем энергетики
им. Л.А. Мелентьева СО РАН, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА I. МНОГОЛЕТНИЕ КОЛЕБАНИЯ ТЕМПЕРАТУР И НАДЕЖНОСТЬ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ.....	14
1.1. Проблема регулирования флуктуаций процессов топливоснабжения	14
1.2. «Градусодни» – измерители суровости климата	19
1.3. Три природно-климатические характеристики регионов	22
1.4. Диапазоны и интенсивности колебаний потребности в топливе на отопление	30
1.5. Серии холодных зим.....	36
1.6. Территориальное агрегирование	38
1.7. Роль колебаний средних зимних температур и продолжительностей отопительных периодов в колебаниях потребности в топливе на отопление	43
1.8. Частота и асинхронность отклонений разной интенсивности	45
1.9. Синхронность отклонений потребности в топливе на отопление по регионам	49
1.10. Наблюдается ли потепление?	51
1.11. Обсуждение	55
1.12. Основные результаты	58
ГЛАВА II. АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ С СЕЗОННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ.....	66
2.1. Проблема выбора метода для выделения и прогнозирования составляющих временных рядов.....	66
2.2. Критерии сопоставления методов разложения динамических рядов на тренд и сезонную составляющую.....	68
2.3. Результаты сравнительного анализа алгоритмов выделения составляющих рядов динамики.....	73
2.4. Регрессионная модель оценки и экстраполяции тренда и сезонных колебаний при меняющейся информативности исходных данных	78
2.5. Пример выделения тренда и сезонных колебаний из временного ряда.....	82
2.6. Доказательства свойств оператора выделения составляющих в динамических рядах и результатов анализа статистических методов.....	83
ГЛАВА III. НАДЕЖНОСТЬ ТОПЛИВОСНАБЖЕНИЯ	90
3.1. Составляющие проблемы обеспечения надежности топливоснабжения.....	90
3.2. Регулирование сезонных колебаний топливоснабжения.....	95
3.3. Имитационная модель процессов регулирования многолетних колебаний топливоснабжения	100

3.4. Состав средств обеспечения надежности топливоснабжения на случай холодных зим: результаты расчетов по модели «Спринт»	106
3.5. Нормирование запасов как способ активного регулирования топливоснабжения	110
3.6. Регулирование краткосрочных колебаний поставок и потребления ТЭР (оперативное маневрирование)	114
3.7. Рекомендации	115
ПРИЛОЖЕНИЕ I. КЛИМАТ И ЭКОНОМИКА: РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА СТРАН СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ.....	118
П.1.1. Цель исследования	118
П.1.2. Две особенности российской экономики.....	120
П.1.3. Климатические показатели	123
П.1.4. Измерители степени суровости климата: продолжительность отопительного периода, средние зимние температуры, «градусодни» по разным странам	127
П.1.5. Климат и уровень жизни	129
П.1.6. Обсуждение	133
ПРИЛОЖЕНИЕ II. КОГДА ЛУЧШЕ НАЧИНАТЬ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ГОД.....	140
П.2.1. Сколько новых годов в году.....	141
П.2.2. Влияние даты начала хозяйственного года на сезонную цикличность и эффективность производства.....	152
П.2.3. Влияние даты начала хозяйственного года на качество годовых планов	164
П.2.4. Возможность проведения массовых отпусков летом	166
П.2.5. Предложения	167
ЛИТЕРАТУРА.....	170

ВВЕДЕНИЕ

В России и других странах бывшего СССР холодный, резко континентальный климат, что объективно приводит к необходимости особого уклада экономической жизни. Необходимо активное государственное участие в регулировании процессов энергообеспечения предприятий и населения, усиление роли региональных и местных органов власти в решении проблем надежного энергообеспечения, особой технической и экономической организации энергетики. Вопросы эффективности и надежности энергоснабжения традиционно имели первостепенное значение не только при проектировании предприятий, зданий и сооружений, жилищно-коммунальных систем, но и на стадии предпроектных изысканий и научно-прикладных исследований по проблемам развития экономики нашей страны.

В частности, вопросам надежности энергоснабжения большая роль отводилась деятельности Научного Совета АН СССР по комплексным проблемам энергетики. Специально этим проблемам была посвящена деятельность Всесоюзного научного семинара «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики», организованного Ю.Н. Руденко в начале 70-х годов прошлого века. Одной из составляющих надежности энергоснабжения является проблема бесперебойного обеспечения котельно-печным топливом. От этого в значительной мере зависит и надежность функционирования других систем энергетики, в том числе систем электро- и теплоснабжения. Устойчиво в течение многих десятилетий в нашей стране примерно половина отказов в теплоснабжении и в функционировании предприятий по производству электроэнергии происходит из-за ограничений в обеспечении котельно-печным топливом

В этой книге обобщены результаты исследований многолетних колебаний температур воздуха по экономическим районам территории бывшего СССР и, связанных с этим проблем, надежности и маневренности топливоснабжения

страны и регионов. Особое внимание уделено математическим моделям, разработанным для решения задач анализа и оптимизации состава средств обеспечения надежности топливоснабжения, а также методам выделения и прогнозирования составляющих временных рядов (тренда, сезонных колебаний).

Научно-практическая цель здесь представленных исследований состояла в изучении регулярных и случайных флуктуаций процессов энергоснабжения, в разработке рекомендаций по обеспечению устойчивости систем энергоснабжения к возмущающим воздействиям. Основное внимание в данной монографии уделено изучению действия природно-метеорологических факторов на надежность энергообеспечения. При этом рассматриваются и более общие проблемы влияния климатических факторов на уровень развития и организацию экономики.

Научно-методической целью исследований была разработка, теоретическое обоснование и практическое использование математических методов и моделей для изучения регулярных и случайных возмущений энергоснабжения. Целью настоящей работы является также изложение нерешенных методических проблем в разработке математических методов и моделей. Полагаю, что обсуждение нерешенных проблем будет полезно последующим исследователям.

Наши исследования опирались на работы по проблемам надежности и маневренности энергоснабжения многих предшественников и коллег из разных регионов СССР. В том числе на работы М.А. Великанова, Л.Н. Видгопа, С.П. Гладковой, П.В. Горюнова, В.А. Забергса, Ю.Я. Мазура, М.М. Мытуса, А.С. Некрасова, Т.М. Полянской, А.М. Резниковского, Ю.В. Синяка, Ю.Н. Руденко, М.Я. Фурмана, М.Б. Чельцова, Л.С. Хрилева и др. [1–32]. В связи с кризисом 1990-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 системы топливоснабжения. В частности, перестал четко действовать отлаженный ранее механизм подготовки страны к следующей зиме.

В начале 1990-х годов по инициативе А.С. Некрасова (замечательного ученого-энергетика, теперь уже ушедшего от нас) с моим участием было даже подготовлено специальное письмо в правительство с предупреждением о большой опасности наметившейся тенденции к снижению надежности энергоснабжения населения и предприятий.

Можно радоваться, что в 1990-х годах удалось избежать крупных неприятностей с энергообеспечением. Это объясняется тремя факторами. Во-первых, появлением избытка электрических и тепловых мощностей, а также некоторого избытка котельно-печного 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. Вскоре «Сибирское соглашение» перешагнула рамки чисто хозяйственных проблем коммунальных служб и стала крупной региональной политической организацией.

Третья, очень важная причина отсутствия больших провалов в энергообеспечении России в 1990-х годах и в начале 2000-х годов – наступившее в эти десятилетия потепление 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 началом 90-х годов прошлого столетия наблюдался явный тренд к потеплению.

Этот тренд рано или поздно может закончиться. Возникшие в результате системного экономического кризиса 1990-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 надежность энергоснабжения наиболее низка, когда снижается уровень эксплуатационных запасов топлива в целом по стране, когда снижается уровень подготовки к зиме предстоящего года. Наконец есть некоторые основания утверждать, что, активно проявившаяся в 90-х годах прошлого века тенденция к потеплению в последнее десятилетие закончилась и в ближайшие годы может поменяться 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, 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 (выполнявшихся для Центрального диспетчерского управления ОЭЭС Сибири), по краткосрочному прогнозированию потребления топлива (разработки, выполнявшиеся для Главного вычислительного центра Госнабса СССР).

По инициативе А.А. Макарова, эти исследования были трансформированы в изучение 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 1970-м годам системы управления функционирования и развития топливно-энергетического комплекса (по инициативе и под руководством Ю.Н. Руденко), а также участие в разработках по проблемам обеспечения устойчивости систем энергоснабжения СССР к крупномасштабным возмущениям [35–37]. Это давало уверенность в большой практической значимости исследований, результаты которых обобщены в этой книге.

В представленных здесь исследованиях активное участие в 1970-х годах принимали сотрудники Сибирского энергетического института СО РАН СССР, в том числе В.В. Шевелев, Г.Н. Нугуманова, Т.В. Ушакова, Е.И. Куменко, Р.Б. Фаттахов, Н.И. Пяткова [36, 38–44]. В 1980-х годах эти исследования проводились в Отделе энергетики Коми научного центра АН СССР с участием Е.Н. Ивановой, В.В. Ушанова, Ю.И. Колобова, В.Н. Массуновой, Ю.А. Шарипова, Г.Л. Балабановой [45–52]. Необходимо особо отметить проявленный большой интерес и активную помощь в этих исследованиях коллективу Научно-тематического центра Совета Министров СССР, возглавляемого А.Н. Сафроновым.

В последние годы была сделана попытка возродить эти исследования в Институте систем энергетики СО РАН с участием Е.В. Губий, И.И. Хажеева, И.В. Мокрого [53–56].

В первой главе книги изложены результаты изучения свойств и закономерностей колебаний потребностей в тепловой энергии и в топливе на отопление по данным многолетних наблюдений температур. Исходной информационной основой для этих исследований послужили предоставленные в 1980-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 многолетних колебаний потребностей в тепловой энергии и в топливе на отопление;

2) имеющиеся методические проблемы в разработке и использовании методов анализа временных рядов;

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

Частично результаты этих исследований ранее были опубликованы в отдельных препринтах и статьях [46, 50, 58–63]. В наиболее полном виде эти результаты были обобщены в брошюре [64]. Первую часть данной монографии можно рассматривать как развитие материалов из этой брошюры.

Во второй главе представлены результаты исследования и разработки математических методов выделения и прогнозирования составляющих временных рядов применительно к проблеме выделения и прогнозирования тренда и сезонных колебаний.

Сезонные вариации в производстве и, особенно, в потреблении энергоресурсов являются важной составляющей проблем энергообеспечения нашей страны. Практически вся территория России имеет суровые климатические условия, из-за которых большую роль в экономике имеют сезонные явления и сезонные колебания. В частности, регулярно к осенне-зимнему периоду необходимо накапливать огромные сезонные эксплуатационные запасы котельно-печного топлива, что требует отвлечения больших средств. Для определения рационального объема сезонных запасов необходимо уметь правильно выделять, анализировать и прогнозировать тренд и сезонные колебания временных рядов.

Для анализа и прогнозирования составляющих временных рядов предложено много существенно различающихся методов и их модификаций. По этой

тематике написано большое количество работ. Многие из них базируются на вероятностно-статистическом подходе, когда конкретный временной ряд рассматривается как случайная реализация из некоторого бесконечного набора возможных реализаций. Это не очень приемлемо для экономических временных рядов. Обычно конкретный анализируемый временной ряд просто уникален. Его никак нельзя считать выборкой из какого-то набора возможных реализаций временных рядов. Такие «наборы» просто не существуют.

Для выбора метода выделения составляющих временных рядов в данной книге применяется аксиоматический подход. Формулируются содержательно необходимые и математически строгие требования к методу выделения составляющих, на основе которых путем математических доказательств определяется класс возможных методов. Аксиоматический подход, как будет показано, позволяет избежать «проклятия» бесконечности возможных методов. Для того чтобы доказать, что вода в Байкале пресная, не надо выпивать все это озеро!

Как будет доказано, для того чтобы метод выделения составляющей временного ряда удовлетворял трем важным требованиям, достаточно и (это особо важно) необходимо, чтобы этот метод представлялся в виде модели оценки параметров уравнения линейной регрессии методом взвешенных наименьших квадратов. Одно из этих требований – «идемпотентность»: если из выделенной составляющей попытаться выделять эту же составляющую тем же методом, то должны получить саму исходную составляющую. Второе требование – «аддитивность»: сумма выделенных составляющих из нескольких суммируемых временных рядов должна дать ту же составляющую суммарного ряда. Третье требование формулируется как необходимость учета разной информативности исходных данных, которая задается с помощью экзогенно определяемых коэффициентов информативности данных временного ряда. В частном случае веса информативности могут быть одинаковыми для всех периодов времени, что означает одинаковую значимость всех периодов при выделении и прогнозировании временных рядов.

Именно эти веса информативности используются в качестве весовых коэффициентов в методе взвешенных наименьших квадратов. Указанный выше теоретический факт означает, что «старый друг» – метод наименьших квадратов – лучше «новых двух».

В главе 2 приводится описание модели «Кассандра», разработанной и использовавшейся во многих работах для выявления и прогнозирования тренда и сезонных колебаний временных рядов. Данная модель удовлетворяет всем указанным выше требованиям. На базе модели «Кассандра» выполнены исследования по анализу и прогнозированию составляющих временных рядов электроснабжения, добычи, потребления и запасов котельно-печного топлива. Основные результаты по теоретическому исследованию методов выделения составляющих временных рядов, по описанию и использованию модели «Кассандра» опубликованы в работах [37, 39, 65, 66].

Приведен один пример применения модели «Кассандра» – выявление тренда и сезонных колебаний среднемесячных температур воздуха в г. Иркутске за период с 1985 по 2015 г. Если в представленные в первой главе результаты оценки общей тенденции изменения температур за полтора столетия в Иркутске и в Санкт-Петербурге свидетельствуют о существенном за этот период процессе потепления (примерно на три градуса для среднегодовых температур), то оценка тренда температур за более короткий период свидетельствуют о несколько других тенденциях. С 1985 по 2001 г. отмечается общее потепление. После 2001 г. и особенно после 2005 г. можно с некоторой осторожностью отметить наметившуюся тенденцию к стабилизации среднегодовых температур и даже к возможному похолоданию. Насколько эта тенденция будет устойчивой и многолетней пока говорить рано.

В третьей главе представлены результаты исследований по разработке математических моделей для определения рационального состава средств, обеспечения надежности топливоснабжения. Здесь также будут представлены результаты методических и содержательных наработок по нормированию запасов котельно-печного топлива, выполнявшихся мною совместно с П.К. Аксютиним

в 1980-х годах. Уместно будет отметить, что по этим нормативам в 1980-х годах аппаратом Совета Министров СССР осуществлялся текущий контроль за накоплением, распределением и использованием запасов котельно-печного топлива. Полагаю, что в настоящее время также очень важно возродить и проводить такую работу на уровне страны в целом и в отдельных регионах. Можно надеяться, что накопленные методические наработки и полученные содержательные результаты будут полезны для возрождения таких исследований в XXI в.

В первом приложении представлены результаты сравнительных исследований климатических особенностей некоторых стран Северного полушария и влияния этих особенностей на экономику и энергетику этих стран.

Во втором приложении представлены результаты исследования проблемы выбора наилучшей даты начала финансового года. Это важно для эффективного регулирования сезонности и сезонных колебаний в экономике, в том числе в энергообеспечении нашей страны.

Автор выражает благодарность рецензентам за поддержку издания этой книги: заведующей Отделом региональных экономических и социальных проблем Иркутского научного центра СО РАН, доктору географических наук, профессору Н.М. Сысоевой; заведующему лабораторией Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, доктору технических наук А.Д. Соколову; старшему научному сотруднику Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, к.т.н. Т.В. Дзюбиной.

Рисунок обложки для данной книги представила редакция научно-популярного журнала «Страна Знаний», выходящего в Киеве на русском и украинском языках. С материалами этого журнала в русскоязычной версии можно познакомиться на сайте <http://www.krainaz.org>. Большую помощь в подготовке книги к печати оказали И.В. Мокрый, И.И. Хажеев, О.М. Ковецкая, А.А. Гусевская, Е.В. Маркова, А.В. Владимирова.

ГЛАВА I. МНОГОЛЕТНИЕ КОЛЕБАНИЯ ТЕМПЕРАТУР И НАДЕЖНОСТЬ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

1.1. 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 (углем, дровами, торфом, горючими сланцами), жидким топливом (нефтью, газовым конденсатом, нефтепродуктами, сниженным газом) и газом.

Наряду с делением системы топливоснабжения страны на три подсистемы по физическому состоянию топлива (твердое, жидкое, газообразное) существует также деление по направлениям конечного использования топлива. Обычно выделяют три основные области использования: 1) котельно-печное топливо, 2) моторное топливо (используемое в двигателях внутреннего сгорания и в реактивных двигателях), 3) технологическое топливо (сырье для производства различных видов продукции, например, кокс, применяемый при производстве чугуна в доменных печах). Мы ограничимся рассмотрением котельно-печного топлива.

Система топливоснабжения – центральное звено 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. При этом значительная часть добываемого в стране топлива (прежде всего нефть, природный газ, уголь) экспортируются.

Необходимость совместного рассмотрения всех составляющих системы топливоснабжения обусловлена их тесной технологической взаимосвязью 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 делить на регулярные и случайные (рис. 1.1). К регулярным относятся периодически повторяющиеся колебания: суточные, недельные, сезонные. Случайные колебания также можно разделить по продолжительности их проявления. Можно выделять краткосрочные, внутригодовые случайные возмущения. Отклонения, выходящие за рамки года, составляют многолетние колебания. Они проявляются в итоговых годовых показателях.

Регулярные колебания в процессах производства, транспорта и потребления топлива, обусловленные суточными 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 важную роль 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, внутригодовые закономерности отчетности, выплаты налогов, формирования и распределения бюджетов государственных органов.

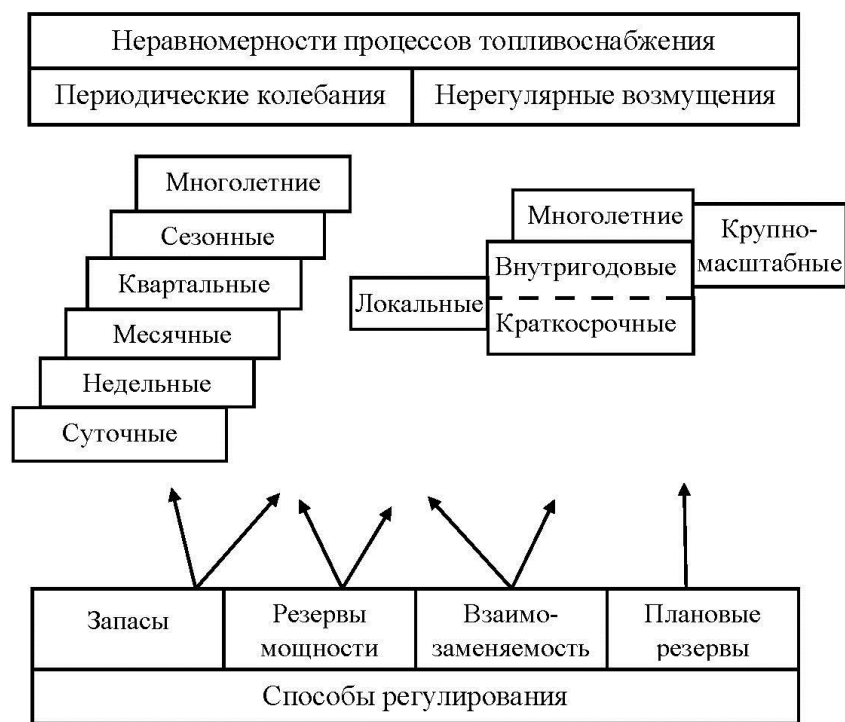


Рис. 1.1. Виды неравномерностей процессов топливоснабжения и способы их регулирования.

На внутригодовую динамику потребления топлива существенное влияние оказывает как изменение в течение года температуры воздуха, так и сезонные колебания объемов выпуска продукции отраслями – потребителями топлива. В свою очередь изменение температуры воздуха в течение года воздействует на сезонные колебания потребления топлива через изменения объемов топлива,

сжигаемого на отопительные нужды, а также отчасти и через сезонные изменения КПД использующих топливо установок.

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, изменения 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 в течение нескольких дней отопительного сезона, в масштабах крупного региона могут приводить к изменениям объемов расхода топлива на миллионы тонн условного топлива (т у. т.). 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: 1) в определении объемов производства отраслей – потребителей топлива; 2) в расчетах норм расхода топлива; 3) при оценках калорийности отдельных видов топлива. Просчеты при планировании, аварии на газопроводах, срывы в поставках вагонов привносят случайные возмущения в технологические возможности системы топливоснабжения.

Одна из возможных классификаций возмущений, влияющих на функционирование систем энергетики приведена на рис. 1.2. 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 том числе 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.

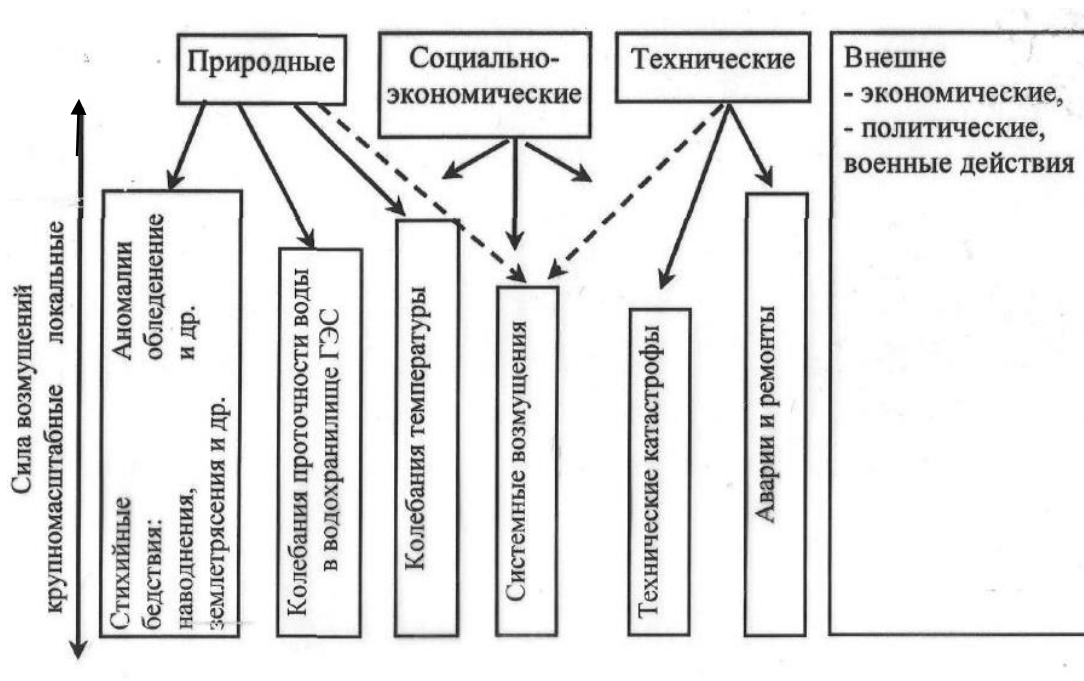


Рис. 1.2. Классификация источников возмущений в системах энергоснабжения.

Любое из отмеченных на схеме возмущений может проявляться с разной интенсивностью, по-разному сказываться на функционировании ТЭК. Чаще возникают небольшие относительно масштабов ТЭК 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 ТЭК может испытывать и крупномасштабные воздействия, выражающиеся в сотнях тысяч и миллионах тонн условного топлива.

Одним из таких крупномасштабных возмущений являются многолетние отклонения температур воздуха в зимний период, ведущие к отклонениям потребности в тепловой энергии и в топливе, выражающимися в объемах сотен, миллионов и даже десятков миллионов тонн условного топлива. Далее будут

представлены результаты исследования свойств и закономерностей колебаний температур, которые могут приводить к таким отклонениям.

1.2. «Градусодни» – измерители суровости климата

Накопленные за многие десятилетия метеорологические наблюдения позволяют оценивать, какими могут быть зимы, вероятность наступления теплых или 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 течение одной и той 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. А это может приводить к выходу из строя перегруженных электрических сетей.

Или, наоборот, отключение электроснабжения может стать 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 возрастают 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. Возрастание потребности в топливе на отопление в холодные зимы может приводить к нехватке топлива и вследствие этого – к ограничениям и перебоям в обеспечении тепловой энергией и в электроснабжении.

Все регионы бывшего СССР – это территории холодного климата, хотя и в разной степени. 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 для Северного полушария холода в отдельные дни. Среднегодовая температура здесь ниже, чем в других районах 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 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ в центральной Сибири это намного лучше, чем $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ в Москве или Санкт-Петербурге. Надо учитывать комплексное воздействие разных факторов (в том числе влажность, силу ветра).

В «доперестроечный» период косвенными 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,

т. е. 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 2,0 и в некоторых случаях даже больших значений.

Конечно, районный коэффициент нельзя рассматривать в полной мере как измеритель степени суровости природно-климатических условий. Это был стимулирующий показатель, обеспечивающий в совокупности с другими мерами (поясные цены, льготы по отпускам и пенсиям, обеспечение дефицитными видами товаров и услуг) 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 потребности в тепловой энергии для отопления. Расход же тепловой энергии в отдельные сутки пропорционален, согласно законам теплопроводности, разнице температур внутри и вне отапливаемого помещения. Температуру вне здания можем узнать из метеорологических наблюдений.

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

1.3. Три природно-климатические характеристики регионов

Показатель интегральной разности температур 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 используется так называемый расчетный отопительный период, от которого могут отличаться фактические отопительные периоды. В наших расчетах будем полагать, что отопительный период наступает после того, как в данном районе в течение пяти суток среднесуточная температура воздуха была ниже $8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Соответственно заканчивается отопительный период после того, как температура воздуха была выше $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение пяти суток.

Второй показатель – **средняя за отопительный период разность температур внутри и вне здания**. Этот показатель как раз и отражает закон теплопроводности. Конечно, от того, что потребность в тепловой энергии на отопление пропорциональна разнице температур внутри и вне зданий, не следует, что всегда этой величине безусловно пропорционален расход топлива на отопление. Например, в Москве, как и в других городах, в советское время организации, занимавшиеся теплоснабжением, боялись из-за опасности аварийных ситуаций резко менять температуру подаваемой в тепловые сети воды. При этом население было лишено желаний (платили за теплоснабжение по квадратным метрам) и возможности (из-за чугунных, неработающих регуляторов, введенных каким-то псевдоизобретателем взамен бронзовых) регулировать подачу горячей воды в

отопительные батареи. Это приводило к тому, что процессы адаптации к изменениям температуры наружного воздуха осуществлялись с помощью форточек. В данной работе мы будем исходить из предположения о разумном регулировании процессов теплоснабжения.

Пусть $r = 1, \dots, k$ – номера регионов, $\tau = 1, \dots, T$ – номера исследуемых отопительных 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

$$B_\tau^r = \sum_{i=1}^{N_\tau^r} (\hat{t} - t_{\tau i}^r), \quad \tau = 1, \dots, T. \quad (1.1)$$

Здесь \hat{t} – нормативное значение температуры внутри здания, $t_{\tau i}^r$ – температура наружного воздуха в день i отопительного периода τ в районе 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

$$C_\tau^r = B_\tau^r / N_\tau^r. \quad (1.2)$$

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

$$S_\tau^r = \hat{t} - C_\tau^r. \quad (1.3)$$

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

– среднемноголетняя интегральная разность температур

$$\bar{B}^r = \frac{1}{T} \sum_{\tau=1}^T B_\tau^r, \quad (1.4)$$

– средняя продолжительность отопительных периодов

$$\bar{N}^r = \frac{1}{T} \sum_{\tau=1}^N N_{\tau}^r, \quad (1.5)$$

– среднесуточные разности температур внутри и вне здания

$$\bar{C}^r = \bar{B}^r / \bar{N}^r, \quad (1.6)$$

– средняя температура за отопительный период по многолетним наблюдениям

$$\bar{S}^r = \hat{t} - \bar{C}^r. \quad (1.7)$$

Замечания. В излагаемых здесь результатах расчета использовались специальные подготовленные данные Гидрометцентра СССР о среднемесячных температурах и продолжительных отопительных периодах с 1881 по 1978 г. [57]. При этом рассматривались усредненные показатели температур, дат начала и окончания отопительных периодов по довольно широким территориальным образованиям – по 18 экономическим регионам СССР. Эти районы наглядно представлены в приведенной карте на рис. 1.3.

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 (1.6) означает, что средняя разность температур за отопительный период определяется как взвешенная средняя арифметическая от средних разностей температур внутри и вне здания отопительных периодов

$$\bar{C}^r = \sum_{\tau=1}^T \alpha_{\tau}^r C_{\tau}^r, \quad (1.8)$$

где

$$\alpha_{\tau}^r = N_{\tau}^r / (T \bar{N}^r) \quad (1.9)$$

– веса, пропорциональные продолжительности отопительных периодов.

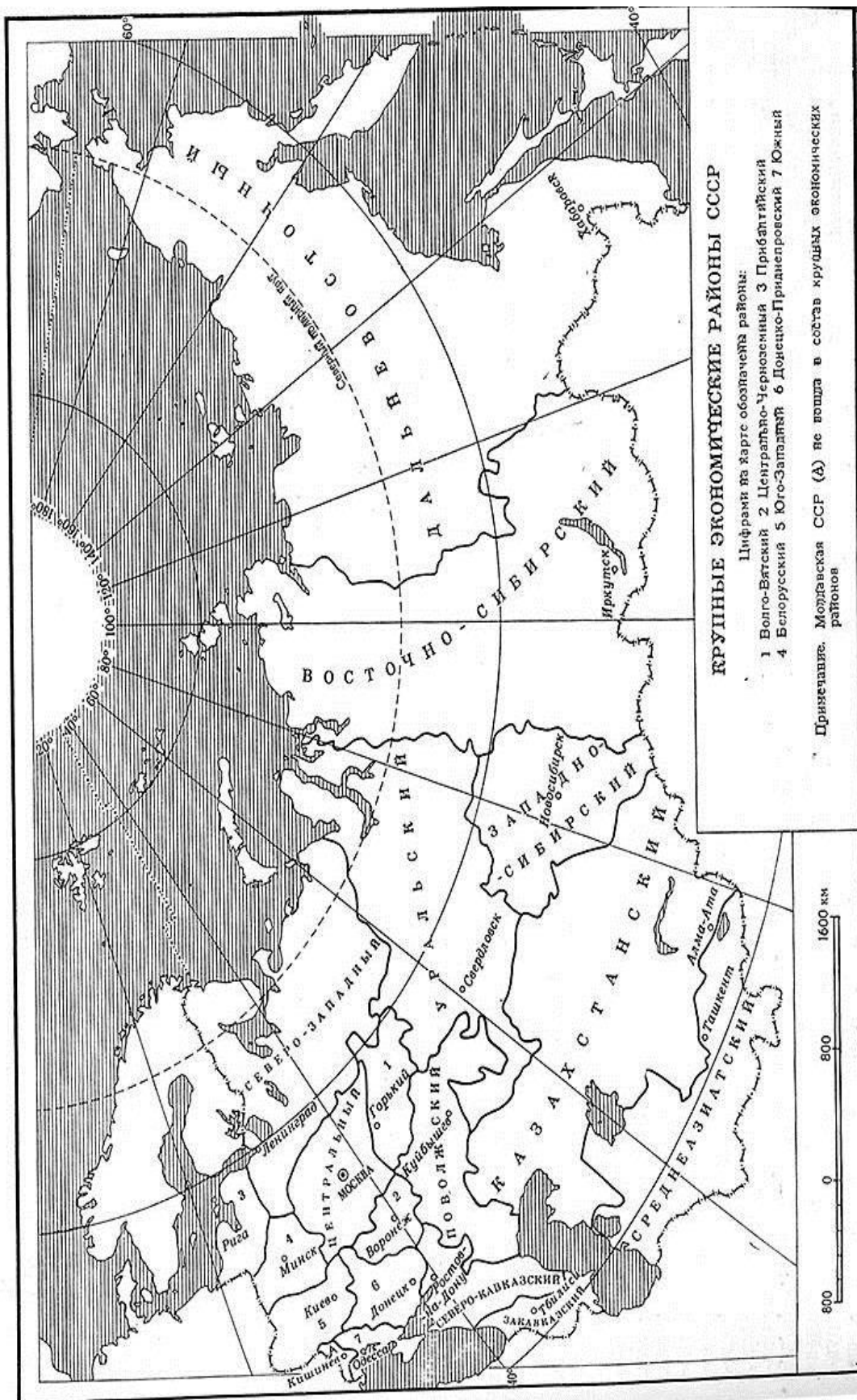


Рис. 1.3. Крупные экономические районы СССР.

Действительно из (1.6), используя (1.4), затем (1.2) и (1.9), 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

$$\sum_{\tau=1}^T \alpha_{\tau}^r = 1 . \quad (1.10)$$

Это следует из (1.5) и (1.9).

В качестве альтернативы формулам (1.5), (1.6) можно рассматривать вариант расчета, в котором средняя разность температур является не взвешенной средней арифметической

$$\tilde{C}^r = \frac{1}{T} \sum_{\tau=1}^T C_{\tau}^r . \quad (1.11)$$

В таком случае средняя продолжительность отопительных периодов соответствует величине

$$\tilde{N}^r = \bar{B}^r / \tilde{C}^r . \quad (1.12)$$

Это означает, что она является средневзвешенной величиной

$$\tilde{N}^r = \sum_{\tau=1}^T \beta_{\tau}^r N_{\tau}^r , \quad (1.13)$$

где

$$\beta_{\tau}^r = C_{\tau}^r / (T \tilde{C}^r) . \quad (1.14)$$

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 средним геометрическим из обоих средних. В таком случае средние данные вычисляются по формулам

$$\hat{C}^r = (\bar{C}^r \cdot \tilde{C}^r)^{1/2} , \quad (1.15)$$

$$\hat{N}^r = (\bar{N}^r \cdot \tilde{N}^r)^{1/2} . \quad (1.16)$$

Эти формулы гарантируют выполнение равенства

$$\bar{B}^r = \hat{C}^r \cdot \hat{N}^r. \quad (1.17)$$

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 задается следующими показателями:

$$\hat{C}^r = \left(\prod_{\tau=1}^T C_{\tau}^r \right)^{\frac{1}{T}}, \quad (1.18)$$

$$\hat{N}^r = \left(\prod_{\tau=1}^T N_{\tau}^r \right)^{\frac{1}{T}}, \quad (1.19)$$

$$\hat{B}^r = \left(\prod_{\tau=1}^T B_{\tau}^r \right)^{\frac{1}{T}}. \quad (1.20)$$

Заметим, что в таком случае средняя интегральная разность температур будет меньше значения этого же показателя, рассматриваемого по формуле средней арифметической (1.4). Справедливо известное неравенство между средней геометрической и средней арифметической

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

Причем, если хотя бы любые, какие-либо 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 (1.5), (1.6). 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.

Средние значения указанных трех метеорологических показателей за 1881–1978 гг. по экономическим районам СССР представлены в табл. 1.1 и 1.2. Экономические районы, у которых интегральная разность температур больше,

чем среднемноголетняя интегральная разность температур отопительного периода для СССР в целом, условно названы районами с холодным климатом. Их оказалось девять (см. табл. 1.1).

Т а б л и ц а 1.1

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

Экономический район	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 – Восточно-Сибирский, Дальневосточный и Западно-Сибирский. 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 продолжительности 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.

Экономические районы СССР, у которых средняя интегральная разность температур за отопительный период ниже, чем в среднем по СССР, условно названы районами с относительно теплым климатом (см. табл. 1.2.). 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). Условность состоит и в том, что даже самые «теплые» экономические районы бывшего СССР имеют среднюю продолжительность отопительного периода более пяти месяцев при отрицательной средней температуре наружного воздуха за весь отопительный период.

Т а б л и ц а 1.2

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

Экономический район	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

Согласно приведенным данным показатель средней интегральной разности температур наиболее холодного района (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 образованиями. 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 интерес, особенно 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 строительного-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.

1.4. 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 среднего ожидаемых величин расхода тепловой энергии и топлива.

Максимально возможные отклонения в сторону уменьшения и в сторону увеличения потребности в топливе на отопление в процентах от среднего ожидаемого уровня потребности, рассчитанные по температурным данным за 1881–1978 гг., представлены в табл. 1.3. 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.

Районы разделены на те же две группы (см. табл. 1.1, 1.2): с холодным и с относительно теплым климатом. Для районов с холодным климатом диапазон колебаний потребности в топливе на отопление составил до 40 % от средней

ожидаемой потребности, причем у большей части районов этот диапазон не превышает 33 %. Показатель интенсивности колебаний достигает 6,2 %.

Т а б л и ц а 1.3

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

Район	Максимальные отклонения от среднегогодового 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

Интенсивность колебаний потребности в топливе на отопление показывает, насколько в среднем каждую зиму отклоняются по абсолютной величине (т. е. в любую сторону) потребности в топливе от среднего ожидаемого уровня.

Для районов с относительно теплым климатом оба показателя 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 %.

Приведенные в табл. 1.3 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 районах, 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 тепловой энергии и в топливе для отопления одних и тех же зданий, абсолютные вели-

чины диапазона и интенсивности колебаний потребностей в топливе (в зависимости от того насколько теплая или холодная зима) **примерно у всех районов одинаковы.** И это при значительной разнице продолжительности отопительных периодов и средних зимних температур! Отсюда вытекает следующий важный вывод. Поскольку у более «теплых» районов по строительным нормативам более высокие тепловые потери через ограждающую конструкцию зданий, **то диапазоны и интенсивности колебаний потребности в тепловой энергии и в топливе на отопление для одних и тех же объемов жилых зданий у относительно теплых районов существенно больше, чем у холодных.**

Интенсивность колебаний по всем экономическим районам имеет существенную величину, означающую невозможность сколько-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. 1.3 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 рис. 1.4 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.

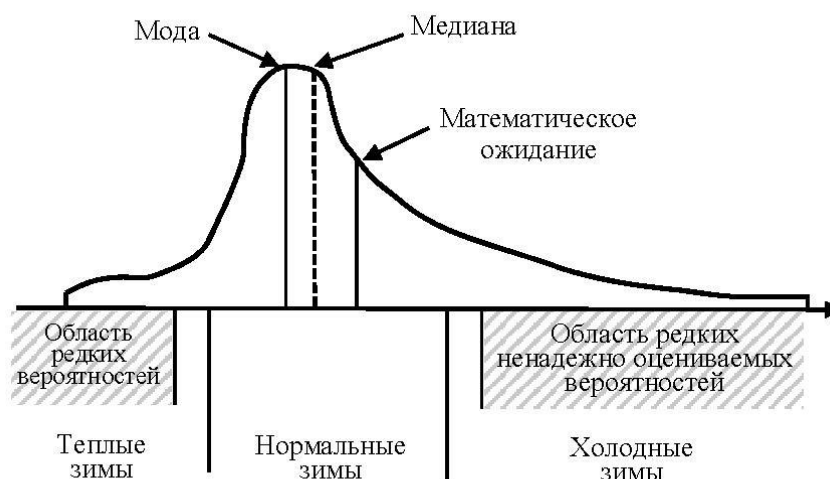


Рис. 1.4. Плотность вероятности вариации потребности в топливе на отопление.

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. Исходный показатель относительного отклонения потребности в топливе на отопление в условиях отопительного периода τ от среднего уровня определяется по правилу

$$b_{\tau}^r = B_{\tau}^r / \bar{B}^r, \tau = 1, \dots, T. \quad (1.21)$$

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 среднеожидаемые ($B_{\tau}^r > \bar{B}^r$), 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 тепловой энергии в том или ином регионе.

Интерес представляют так же показатели отклонений продолжительности отопительных периодов и среднесуточной разности температур данного отопительного периода от их среднемноголетних значений

$$c_{\tau}^r = C_{\tau}^r / \bar{C}^r, \quad (1.22)$$

$$n_{\tau}^r = N_{\tau}^r / \bar{N}^r, \quad \tau = 1, \dots, T. \quad (1.23)$$

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

– максимальное снижение в самые теплые в прошлом зимы

$$\Delta_{\min}^r = \min\{(b_{\tau}^r - 1) : \tau = 1, \dots, T\}; \quad (1.24)$$

– максимальное возрастание потребности в топливе на отопление в самые холодные в прошлом зимы

$$\Delta_{\max}^r = \max\{(b_{\tau}^r - 1) : \tau = 1, \dots, T\}; \quad (1.25)$$

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

$$\Delta^r = \Delta_{\max}^r - \Delta_{\min}^r. \quad (1.26)$$

Эти три показателя представлены в первых трех столбцах табл. 1.3, в четвертом столбце представлены показатели средних отклонений (по абсолютной величине) потребности в топливе на отопление за весь рассматриваемый многолетний период, рассчитываемый по формуле

$$I^r = \frac{1}{T} \sum_{\tau=1}^T |b_{\tau}^r - 1|. \quad (1.27)$$

1.5. Серии холодных зим

Как было показано выше, 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 средней ожидаемой потребности. Надо отметить, что возможны также большие погрешности в определении самой величины «средней ожидаемой» потребности в топливе на отопление (т. е. величина потребности при средних природно-метеорологических условиях). Абсолютное значение этой средней ожидаемой 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 замечательным латышским ученым Юрием Яновичем Мазуром. В возглавляемом им коллективе в Физико-энергетическом институте (ФЭИ) 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].

Увы, большая часть проведенных ими исследований осталась в форме только научных отчетов, сохранившихся лишь в ФЭИ АН Латвийской ССР.

Нами были проведены расчеты по методике Ю.Я. Мазура (табл. 1.4–1.6). В качестве «холодных» рассматривались зимы, у которых интегральная разность была выше среднеголетних 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 ФЭИ 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. 1.4, 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 1.4

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 средней ожидаемой 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

В табл. 1.4 не вошли четыре экономических района европейской части СССР, три из них представлены в табл. 1.5, где приведены экономические районы, для которых экстремально холодной была серия из четырех зим – две предвоенные и две первые зимы войны.

Т а б л и ц а 1.5

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 средней ожидаемой годовой потребности

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

Рассматривая данные табл. 1.4 и 1.5, 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 1.6

Дополнительная потребность в топливе на отопление в экономических районах СССР в условиях максимально холодной серии из наблюдавшихся ранее зим, % к средней ожидаемой 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. 1.6). В неевропейских регионах

(и, также для Северного Кавказа) они пришлись на другие годы. Для Восточно-Сибирского, Западно-Сибирского, Дальневосточного, Казахстанского и Северо-Кавказского районов 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.

1.6. 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 экономических регионов интерес представляет рассмотрение в разрезе более крупных территориальных образований, которые назовем «регионами». Пусть Q – подмножество номеров экономических районов, агрегируемых в один регион. Отклонение потребности в топливе на отопление в данный отопительный период для этого региона, определяется по формуле

$$b_{\tau} = \sum_{r \in Q} h^r b_{\tau}^r, \quad \tau = 1, \dots, T, \quad (1.28)$$

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

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 тепловых потерь 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 тепловых потерь оценивался в относительных единицах на основе действовавших строительных норм и правил. За единицу принят коэффициент тепловых потерь в центральном экономическом районе.

Итак, используемый в (1.28) весовой коэффициент рассчитывался по формуле

$$h^r = L^r q^r \bar{B}^r / \sum_{i \in Q} L^i q^i \bar{B}^i, \quad (1.29)$$

где L^r – численность населения r -го района, q^r – районных коэффициент тепловых потерь зданий. Обе эти составляющие и показатель \bar{B}^r , отражены в первых трех столбцах табл. 1.7.

Рассматриваются три уровня агрегирования. Исходные территориальные единицы представляют 18 экономических районов СССР. Причем выделенный в 1980-е годы отдельно Северный экономический район здесь рассматривается в составе Северо-западного района.

Второй уровень представляют пять укрупненных регионов (см. табл. 1.7). 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 восемь регионов.

Показатели, характеризующие расход топлива на отопление по экономическим районам и укрупненным регионам СССР

Экономический район и укрупненные регионы	Удельный вес в численности населения, в %	Относительный коэффициент теплопотерь зданий	Среднегодовое количество часов отопительного периода разность расчетной в зданиях и наружной температур, градусодни	Удельный вес расхода топлива на отопление, в %
1	2	3	4	5
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

Наконец третий уровень агрегирован и представляет собой СССР в целом. В последнем столбце табл. 1.7 приведены значения использовавшихся при агрегировании коэффициентов h^r . Отметим, что для укрупненных регионов использовались следующие правила расчета показателей, необходимых для дальнейшего агрегирования:

$$L = \sum_{r \in Q} L^r, \quad (1.30)$$

$$q = \sum_{r \in Q} \frac{L^r}{L} q^r, \quad (1.31)$$

$$\bar{B} = \sum_{r \in Q} \frac{L^r q^r}{Lq} \bar{B}^r. \quad (1.32)$$

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

$$B_\tau = \sum_{r \in Q} \frac{L^r q^r}{Lq} B_\tau^r, \quad (1.33)$$

$$C_\tau = \sum_{r \in Q} \frac{L^r q^r}{Lq} C_\tau^r, \quad (1.34)$$

$$N_\tau = B_\tau / C_\tau, \quad \tau = 1, \dots, T. \quad (1.35)$$

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 (1.28)–(1.35) – один из возможных путей практического решения проблемы. Возможны и другие алгоритмы, которые могут приводить к несколько иным численным результатам. В частности, можно изначально базироваться на построении некоторых усредненных для рассматриваемых территориальных образований температур наружного воздуха.

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.

1.7. Роль колебаний средних зимних 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 тепловой энергии и в топливе на отопление.

Результаты расчета удельного веса указанных двух факторов в показателе интенсивности колебаний потребности в топливе на отопление, рассчитанного по формуле (1.27), представлены в первых двух столбцах табл. 1.8. Вклады колебаний продолжительности отопительных периодов и колебаний средних зимних 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 (1.27).

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

$$I_n^r = \frac{1}{T} \sum_{\tau=1}^T |n_{\tau}^r - 1|, \quad (1.36)$$

$$I_c^r = \frac{1}{T} \sum_{\tau=1}^T |c_{\tau}^r - 1|, \quad (1.37)$$

здесь n_{τ}^r , c_{τ}^r – показатели, рассчитываемые по правилам (1.22), (1.23).

В последнем столбце табл. 1.8 приведены значения показателя

$$\Delta_a^r = \Delta_n^r + \Delta_c^r - 1, \quad (1.38)$$

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

Как видно из табл. 1.8, наибольший вклад из двух рассматриваемых факторов в интенсивность колебаний потребности имеют колебания средних зимних температур. Существенное значение имеет асинхронность в действии указанных факторов. Так, для страны в целом вследствие асинхронности отклонений от среднего уровня средних зимних 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.

Т а б л и ц а 1.8

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

Регион	Удельные веса и интенсивность колебаний потребности, %		
	Колебание продолжительности отопительного периода	Колебание средне-зимних 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

Проблема. Методики расчета вкладов указанных двух факторов приводятся в более детальном обсуждении и в уточнениях. В частности, возможно, что в данных расчетах более правильно было бы интенсивность колебаний температур наружного воздуха определять по формуле одинаково взвешенных среднеарифметических абсолютных отклонений. Вместо (1.37), 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 (1.9). Проблема разложения интенсивности колебаний интегральной разности температур на три фактора – интенсивность колебаний продолжительности отопительных периодов, интенсивность колебаний средней зимней разности температур, асинхронность указанных двух факторов – нуждается в более детальном исследовании.

1.8. Частота и асинхронность отклонений разной интенсивности

Частоты отклонений, превышающих по абсолютной величине пороговый уровень 5 % и 10 % по укрупненным регионам и для СССР в целом, приведены в первых двух столбцах табл. 1.9. Этот показатель определяется путем деления числа случаев таких отклонений

$$T^r(\varepsilon) = \sum_{\tau=0}^T \text{sign} \left| \sigma_\tau^r(\varepsilon) \right| \quad (1.39)$$

на общее число отопительных периодов T . Здесь

$$\begin{aligned} \sigma_\tau^r &= b_\tau^r - 1, \\ \sigma_\tau^r(\varepsilon) &= \begin{cases} 0, & \text{если } \left| \sigma_\tau^r \right| < \varepsilon, \\ \sigma_\tau^r, & \text{если } \left| \sigma_\tau^r \right| \geq \varepsilon. \end{cases} \end{aligned} \quad (1.40)$$

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. 1.9 приведены значения интенсивности отклонений, превышающих пороговый уровень ε . Этот показатель рассчитывается по формуле

$$I^r(\varepsilon) = \frac{1}{T^r(\varepsilon)} \sum_{\tau=1}^T \left| \sigma_\tau^r(\varepsilon) \right|. \quad (1.41)$$

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

Регион	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

Как можно было ожидать на основе данных табл. 1.3, 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

$$T_+^r(\varepsilon) = \sum_{\tau=0}^T \text{sign}(\sigma_\tau^r(\varepsilon))_+, \quad (1.42)$$

и в сторону снижения потребности

$$T_-^r(\varepsilon) = -\sum_{\tau=0}^T \text{sign}(\sigma_\tau^r(\varepsilon))_-. \quad (1.43)$$

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

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

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 $\varepsilon=10\%$, приведены в табл. 1.10.

Т а б л и ц а 1.10.

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

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. Это подтверждает высказанное ранее (см. рис. 1.4) предположение об асимметричном характере вероятности отклонений.

Аналогичные выводы получаем из сопоставленной интенсивности отклонений в сторону возрастания и в сторону снижения, превышающих пороговый уровень ε . Результаты расчетов интенсивности отклонений в сторону возрастания

$$I_+^r(\varepsilon) = \frac{1}{T_+^r(\varepsilon)} \sum_{\tau=1}^T (\sigma_{\tau}^r(\varepsilon))_+ \quad (1.44)$$

и в сторону снижения

$$I_{-}^r(\varepsilon) = \frac{1}{T_{-}^r(\varepsilon)} \sum_{\tau=1}^T \left(-\sigma_{\tau}^r(\varepsilon) \right)_{+}, \quad (1.45)$$

превышающие по абсолютному значению пороговый уровень ε , приведены в табл. 1.11.

Т а б л и ц а 1.11.

Средняя интенсивность отклонений, 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	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

Как видно из последних двух столбцов табл. 1.10, 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.

К такому же заключению можно прийти из сопоставленных максимальных отклонений в сторону снижения и в сторону возрастания, приведенных в первых двух столбцах табл. 1.3. 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. 1.10 можно заключить, что среди зим с большими отклонениями потребности в топливе на отопление существенно чаще бывают холодные, чем теплые. При этом, согласно данным табл. 1.3 и табл. 1.11,

величина возрастания потребности в топливе в экстремально холодные зимы обычно больше, чем величина снижения потребности в топливе в экстремально теплые зимы.

1.9. Синхронность отклонений потребности в топливе на отопление по регионам

Одним из способов регулирования возмущающих воздействий в системе топливоснабжения является маневрирование межрегиональным распределением ресурсов топлива в ситуациях, когда, например, оказывается, что 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.

В табл. 1.12 приведены результаты расчета показателя синхронности отклонений потребности в топливе на отопление по парам регионов

$$S_{rl} = \frac{1}{T_{rl}(\varepsilon)} \sum_{\tau=1}^T \text{sign}(\sigma_{\tau}^r(\varepsilon) \cdot \sigma_{\tau}^l(\varepsilon)), \quad (1.46)$$

где r, l – номера сопоставляемых регионов. Здесь

$$T_{rl}(\varepsilon) = \sum_{\tau=1}^T \max \left\{ \text{sign} \left| \sigma_{\tau}^r(\varepsilon) \right|, \text{sign} \left| \sigma_{\tau}^l(\varepsilon) \right| \right\} \quad (1.47)$$

– 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. 1.12 приведены результаты расчета для $\varepsilon = 0$ т. е. показатели синхронности всех отклонений. В этом случае показатель синхронности характеризует частоту наступления отопительных периодов, когда у сопоставляемых регионов отклонения от среднего ожидаемого уровня происходят в одну и ту же сторону. Как видим, имеется высокая синхронность отклонений, особенно у соседних регионов. Только у очень удаленных между собой рай-

онов (Кавказ и Средняя Азия с одной стороны, Восточная Сибирь и Дальний Восток – с другой) не имеет места синхронность и даже отмечается некоторая асинхронность отклонений.

Т а б л и ц а 1.12

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	–
	$\varepsilon = 5 \%$								

Еще большая синхронность имеет место для больших отклонений. В нижней левой части табл. 1.12 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. 1.12 следует отметить, что для отклонений, превышающих уровень 10 %, коэффициент синхронности почти по всем парам регионов равен 1.

1.10. Наблюдается ли потепление?

На рис. 1.5–1.8 сопоставленные графики колебаний, показатели интегральной разности температур для отопительных периодов за более чем 100-летние ряды наблюдений в городах Иркутск, Екатеринбург, Нижний Новгород, Волгоград, дают наглядное представление об интенсивности флуктуаций и тенденциях изменения показателя интегральной разности температур.

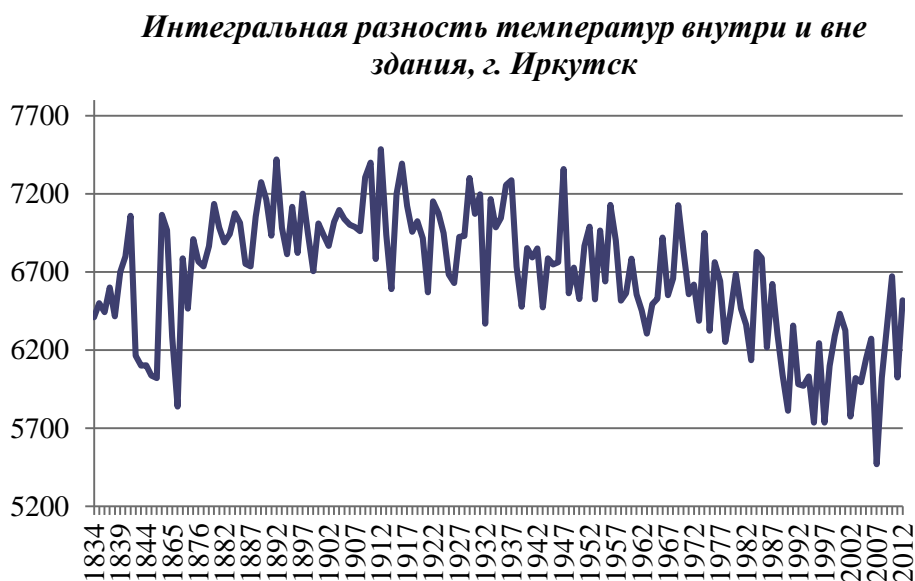


Рис. 1.5. Изменения интегральной разности температур в г. Иркутске за отопительные периоды за 1834–2012 гг.

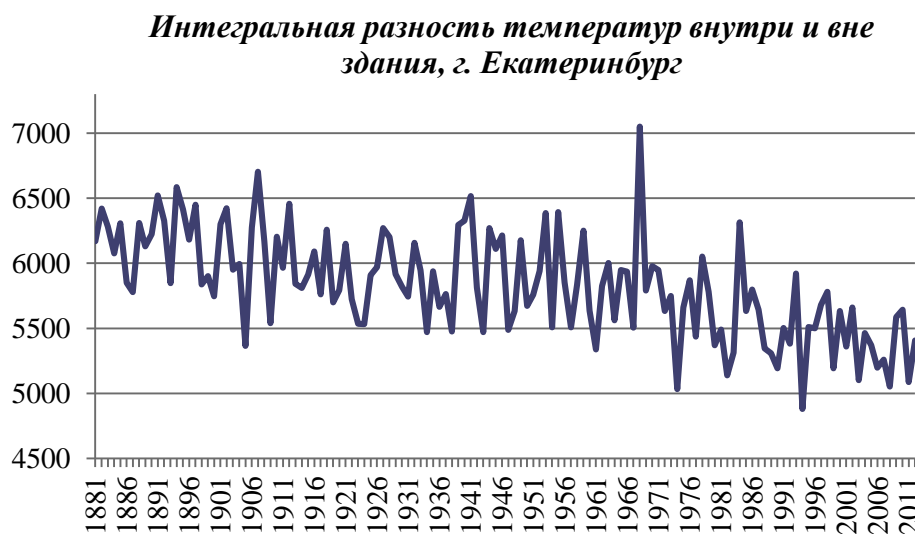


Рис. 1.6. Изменения интегральной разности температур в г. Екатеринбурге за отопительные периоды за 1881–2011 гг.

Интегральная разность температур внутри и вне здания, г. Нижний Новгород

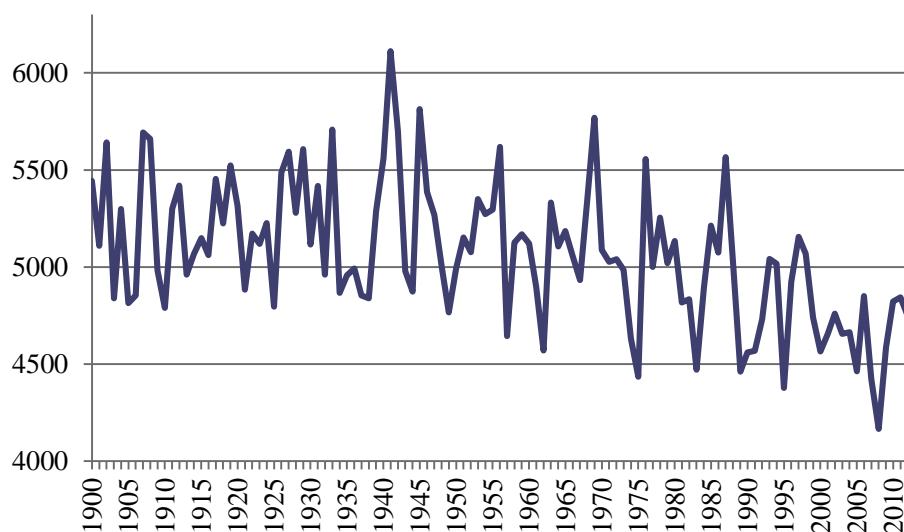


Рис. 1.7. Изменения интегральной разности температур в г. Нижний Новгород за отопительные периоды за 1900–2010 гг.

Интегральная разность температур внутри и вне здания, г. Волгоград

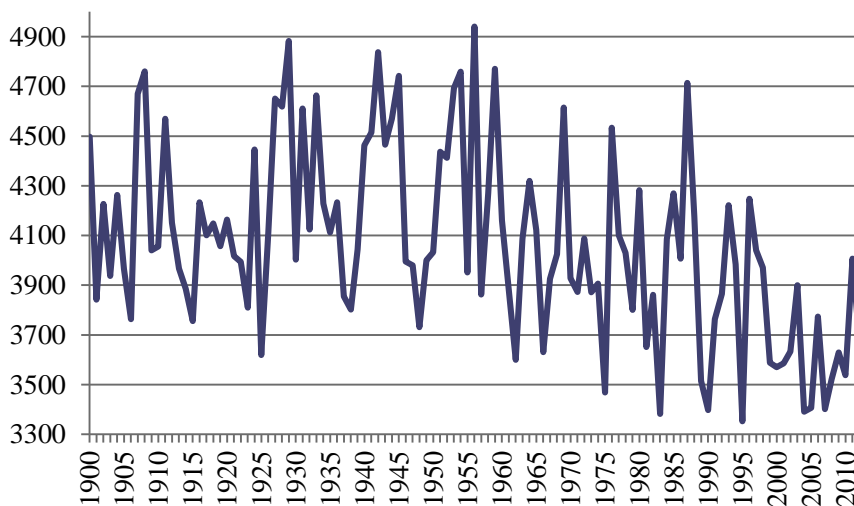


Рис. 1.8. Изменения интегральной разности температур в г. Волгоград за отопительные периоды за 1900–2010 гг.

Из графиков видно, что в отклонениях рассматриваемого показателя трудно увидеть какую-либо периодическую закономерность. Вместе с тем изменение этого показателя имеют заметные 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 тенденция к потеплению. Снижение показателя интегральной разности температур означает потепление в зимний период. Это сопровождается или сокращением продолжительности расчетного отопительного периода, или повышением средней температуры воздуха за отопительный период, или (что обычно и бывает) проявлением обоих этих факторов.

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 предположение, что эта тенденция представляет всего лишь часть периодических, вековых колебаний и в ближайшее время должна произойти смена тенденций. Например, по приводимым на рис. 1.5 данным для Иркутска видно, что в XIX в. имела место явно выраженная тенденция к похолоданию. В любом случае представляется полезным готовиться ко всему спектру возможных зим.

Многолетние изменения среднегодовых температур. Для выявления и анализа процессов общего потепления или похолодания наряду с характеристиками зимних периодов (рассматриваемая нами здесь интегральная разность температур, а также показатели продолжительности отопительных периодов, средних зимних температур) важно также учитывать изменения температур летнего периода. Более уместным для целей выявления тенденций изменения климата может показаться показатель среднегодовых температур. Чтобы избавиться от случайных флуктуаций, этот показатель целесообразно рассматривать в виде многолетней скользящей средней.

Значения скользящей пятилетней средней годовой температуры в г. Иркутске представлены на рис. 1.9. В качестве исходных служили данные о средних месячных температурах. По ним вычислялась скользящая средняя с базой в

60 месяцев (что соответствует пяти годам). Это позволяет элиминироваться от сезонных колебаний и в какой-то мере от выбросов отдельных лет.

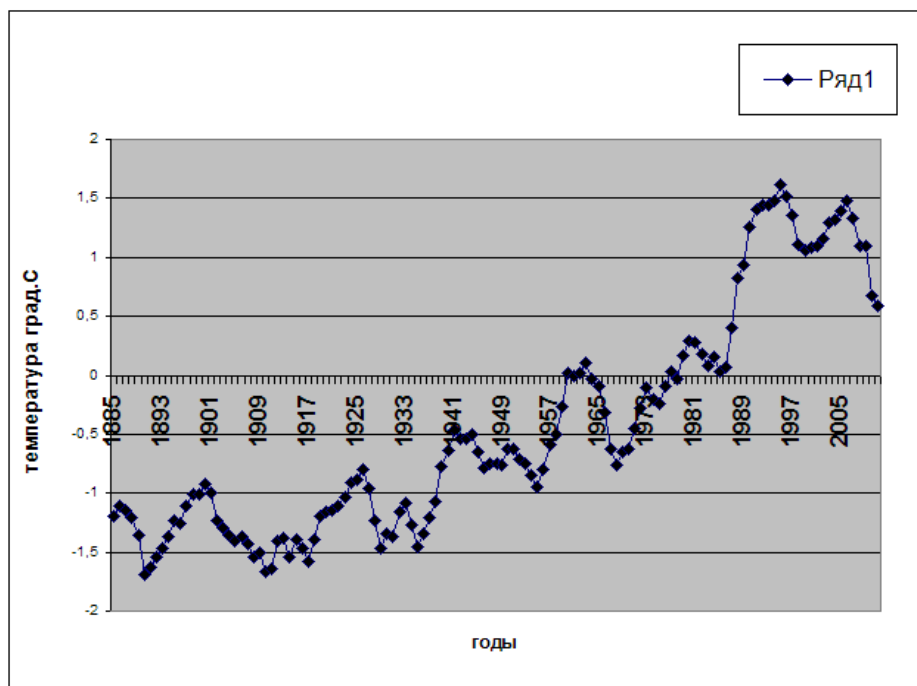


Рис. 1.9. Скользящая средняя на интервале пять лет среднегодовой температуры в г. Иркутске.

На основе рис. 1.9 можно сделать вывод об общей тенденции к потеплению с начала 20-х до конца 90-х годов прошлого века. Причем интервал времени с конца XIX по начало XX в. нельзя охарактеризовать как период потепления. Нельзя назвать потеплением и период с конца 1990-х годов по настоящее время. Из рис. 1.9 видно, что в среднем для г. Иркутска за XX в. среднегодовая температура поднялась примерно на 3 °С. Если в начале прошлого века среднегодовая температура составляла примерно –1,5 °С, то в конце XX в. она стала достигать уровня +1,5 °С.

Результаты расчетов скользящей средней среднемесячных температур на интервале 60 месяцев (5 лет) для города Санкт-Петербурга представлены на рис. 1.10. Здесь также видна общая глобальная тенденция к потеплению. Причем эта тенденция в наиболее явном виде проявляется в период XX в. За XX в. среднегодовая температура в Санкт-Петербурге повысилась, как мы видим, также почти на 3 °С.

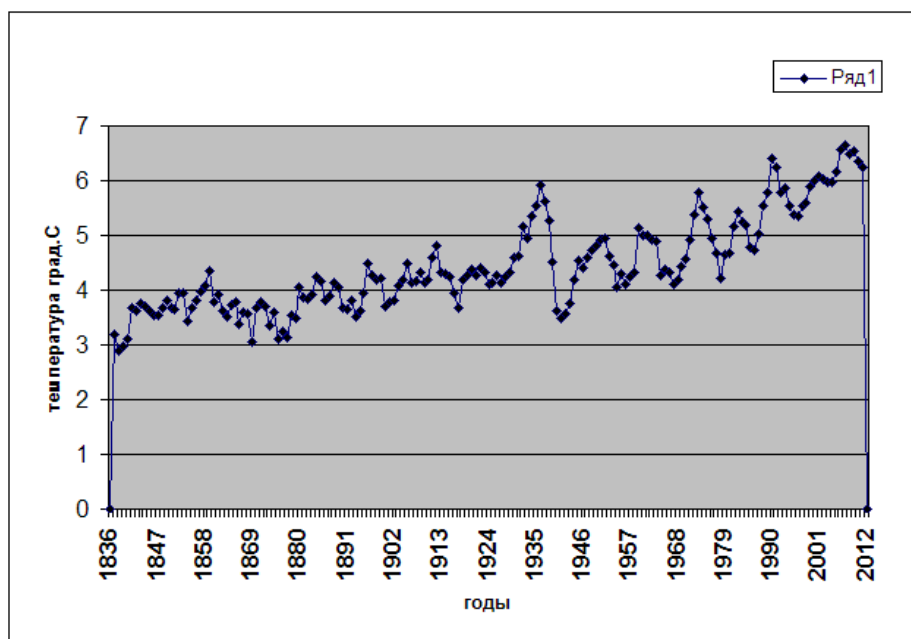


Рис. 1.10. Скользящая средняя на интервале пять лет среднегодовой температуры в г. Санкт-Петербурге.

Интересным феноменом является резкое потепление с конца 1920-х годов до предвоенного периода и последовавшее в предвоенные и в первый военный год резкое похолодание в г. Санкт-Петербурге. Как отмечалось выше, такое похолодание наблюдалось на всей европейской части СССР. Можно также отметить, что начиная с 1940-х годов резко возросла амплитуда колебаний среднегодовых температур в Санкт-Петербурге.

1.11. Обсуждение

Представлены результаты исследований одного из факторов возмущающих воздействий на системы энергообеспечения – колебания температур воздуха в зимний период. Причем рассматривался только один из аспектов этих возмущающих воздействий – многолетние колебания. Важно и изучение краткосрочных (в течение нескольких дней) отклонений природно-метеорологических условий, которые здесь не рассматривались, но могут быть предметом дальнейших исследований.

Практическая значимость исследования многолетних колебаний природно-метеорологических факторов обусловлена двумя факторами. Во-первых,

большой ролью температурного фактора в колебаниях потребления, 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. 1.1, 1.2 факторов возмущающих воздействий (за исключением, быть может, колебаний приточности воды в водохранилище ГЭС) возможности детального исследования закономерностей их проявления нет. При этом можно (с определенной осторожностью) распространить результаты исследований колебаний потребностей в топливе на отопление на колебания потребления котельно-печного топлива в целом. Этот прием, хотя и не бесспорный, дает возможность количественной оценки эффективности мероприятий по обеспечению надежности топливоснабжения. Представленные результаты исследований публиковались частично ранее в [46, 47, 50, 53, 58–64].

Пионерными 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 тепловой энергии и, соответственно, в топливе на отопление за отопительный период могут отклоняться от средних ожидаемых 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 ФЭИ АН Латвийской ССР под руководством Ю.Я. Мазура.

Масштабные по территориальному охвату исследования колебаний потребностей в теплоэнергии в топливе на отопление были представлены в докторской диссертации М.А. Великанова [67]. Его исследования проблем надежности и маневренности топливоснабжения базировались на обработке многолетних рядов наблюдений температуры воздуха в отдельных пунктах. Например, в качестве такого пункта-представителя для Восточной Сибири М.А. Великанов рассматривал результаты многолетних наблюдений в г. Иркутске, для Западной Сибири – в Барнауле, для Урала – в Екатеринбурге, для Волго-Вятского экономического района – в Вятке 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 существенных 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 исходных рядов температур воздуха по огромному количеству пунктов с помощью Интернета. Это дает возможность воспроизвести и развить представленные в данном разделе исследования на информационной базе исходных временных рядов наблюдений температур в отдельных пунктах. В [53–56] представлены результаты нового цикла исследований с использованием, представленных в данном разделе алгоритмов на базе метеонаблюдений в отдельных пунктах.

1.12. Основные результаты

Сформулируем основные результаты исследований, представленные в данной главе.

1. Средние расходы за отопительный период тепловой энергии 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 варьирует 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 °С для районов Сибири до примерно нулевого значения в южных регионах.

2. Имеет место сильная положительная корреляционная зависимость продолжительности отопительных периодов, средних зимних температур, а также показателя интегральной разности температур по экономическим районам СССР.

На рис. 1.11–1.15 графически в виде уравнений линейной регрессии представлены попарные связи между указанными тремя показателями. Рис. 1.11 демонстрирует сильную зависимость между показателями продолжительности отопительных периодов и интегральной разности температур. Согласно полученной зависимости увеличения на 1 день продолжительности отопительного периода сопровождается увеличением на 50 градусодней показателя интегральной разности температур.

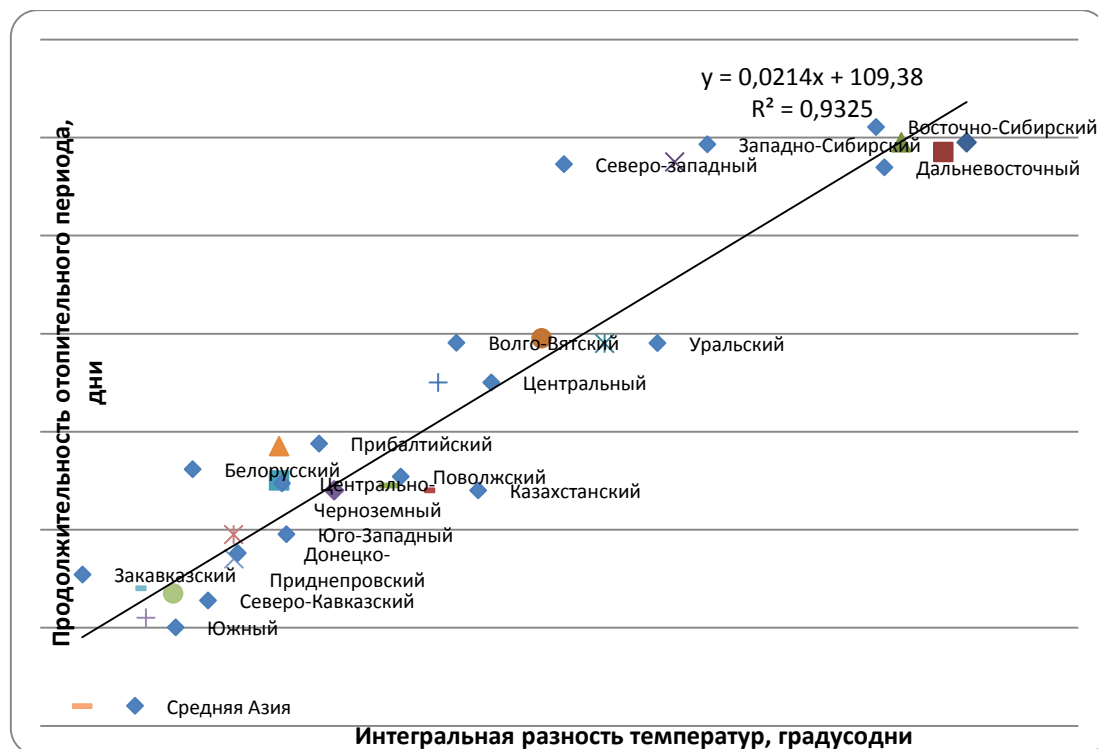


Рис. 1.11. Взаимосвязь показателей продолжительности отопительного периода и интегральной разности температур.

Согласно рис. 1.12, сильная корреляционная зависимость имеется также между средней за отопительный период температурой воздуха и показателем интегральной разности температур. На рис. 1.13 представлено фактически та же зависимость, только вместо разности температур внутри и вне зданий рассмотрен показатель самих температур вне здания. Поэтому не удивительно совпадение коэффициентов у этих зависимостей.

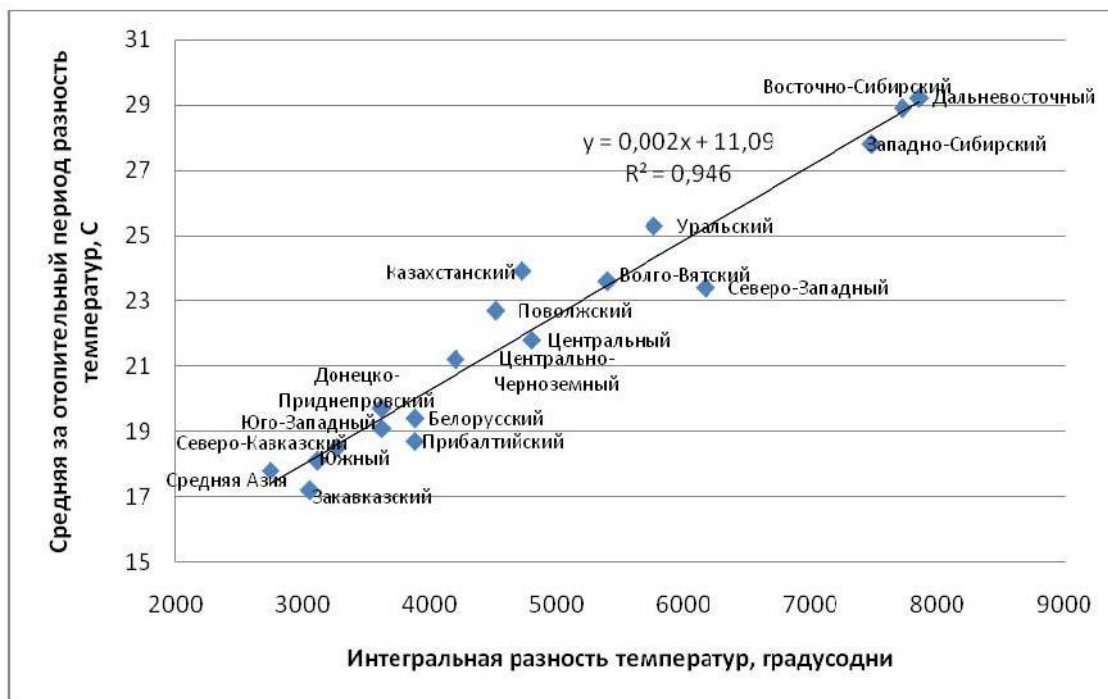


Рис. 1.12. Связь показателя средней за отопительный период разности температур внутри и вне зданий с показателем интегральной разностью температур.

Согласно рис. 1.14, довольно сильная прямо пропорциональная зависимость имеет место между показателями продолжительности отопительного периода и средней за отопительный период разности температур внутри и вне здания. На рис. 1.15 фактически эта же зависимость представлена по отношению к показателю средней за отопительный период температуры воздуха вне здания. Рис. 1.15 показывает, что более продолжительные отопительные периоды бывают обычно и в среднем более холодными.

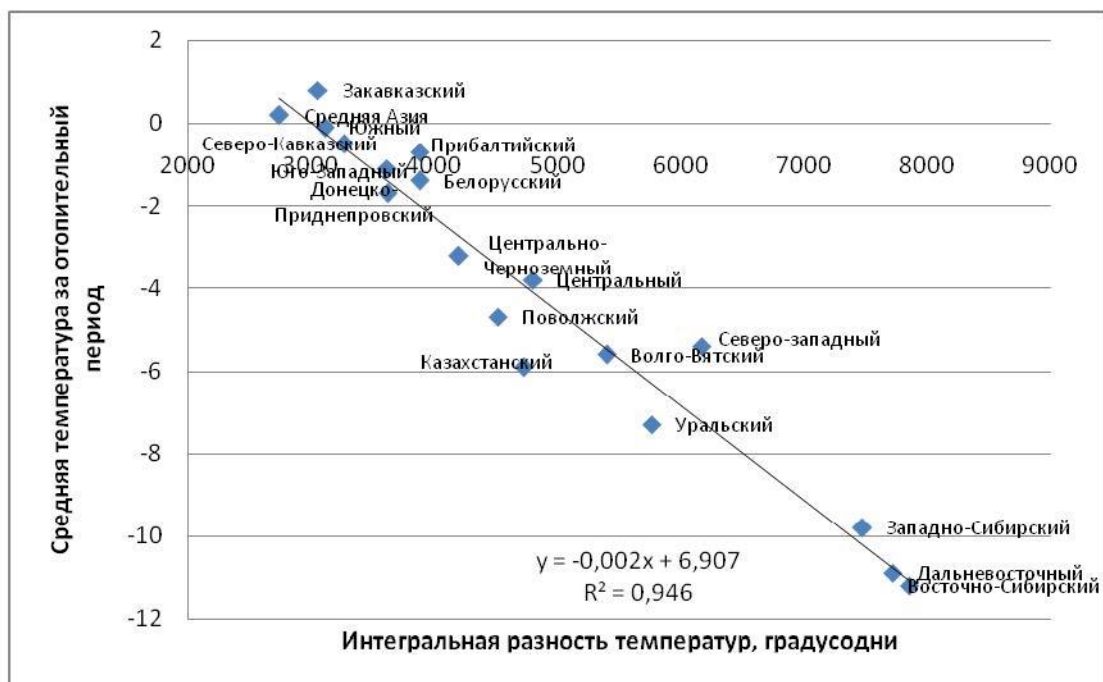


Рис. 1.13. Взаимосвязь интегральной разности температур и средней температуры отопительного периода.



Рис. 1.14. Связь средней за отопительный период разности температур внутри и вне зданий с продолжительностью отопительного периода.

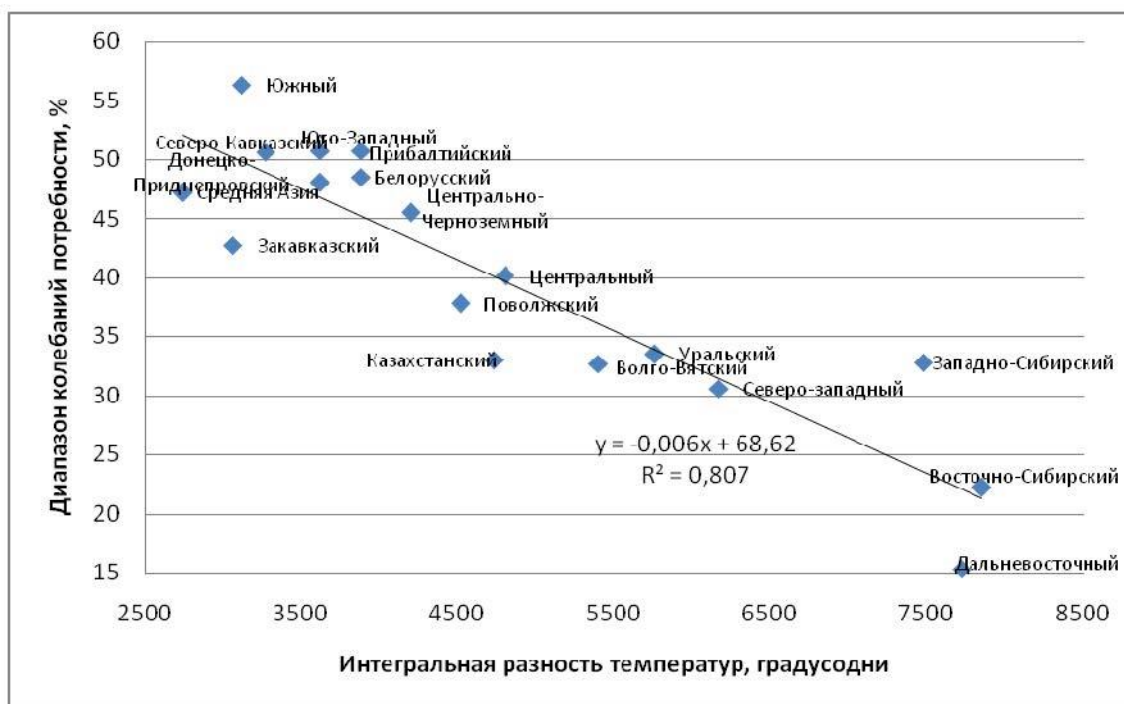


Рис. 1.15. Связь средней температуры за отопительный период с продолжительностью отопительного периода.

3. Потребность в тепловой энергии и в 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 средней ожидаемой потребности в теплоэнергии и в топливе на отопление. Для Северо-Кавказского и Южного районов эти диапазоны достигают более 50 %.

Наглядно представлены зависимости диапазонов относительных отклонений показателя интегральной разности температур от абсолютной величины самого показателя интегральной разности температур по экономическим районам СССР на рис. 1.16–1.18. Из рис. 1.16, 1.17 достаточно четко прослеживается отмеченная выше закономерность: в более холодных районах абсолютные значения относительных максимальных отклонений в сторону возрастания и в сторону уменьшения сокращаются. В итоге происходит сокращение диапазона вариаций относительных отклонений при переходе от теплых к более холодным регионам (см. рис. 1.18).

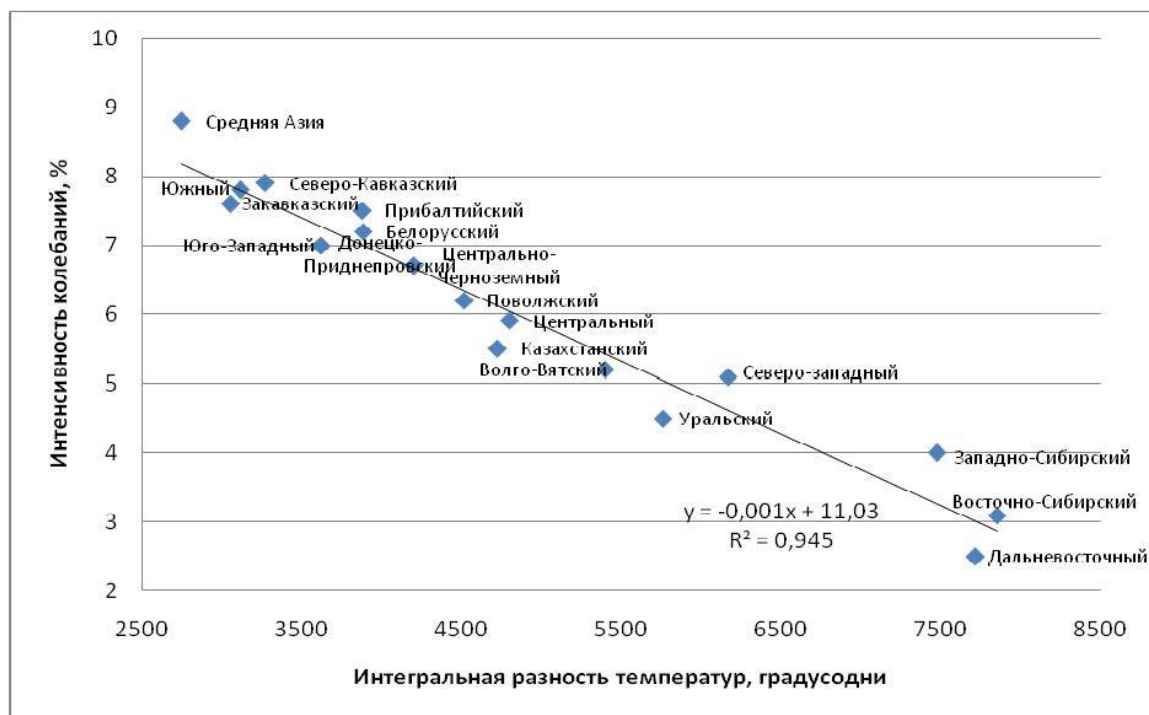


Рис. 1.16. Зависимость интенсивности колебаний потребности в топливе на отопление от средней интегральной разности температур по экономическим районам.

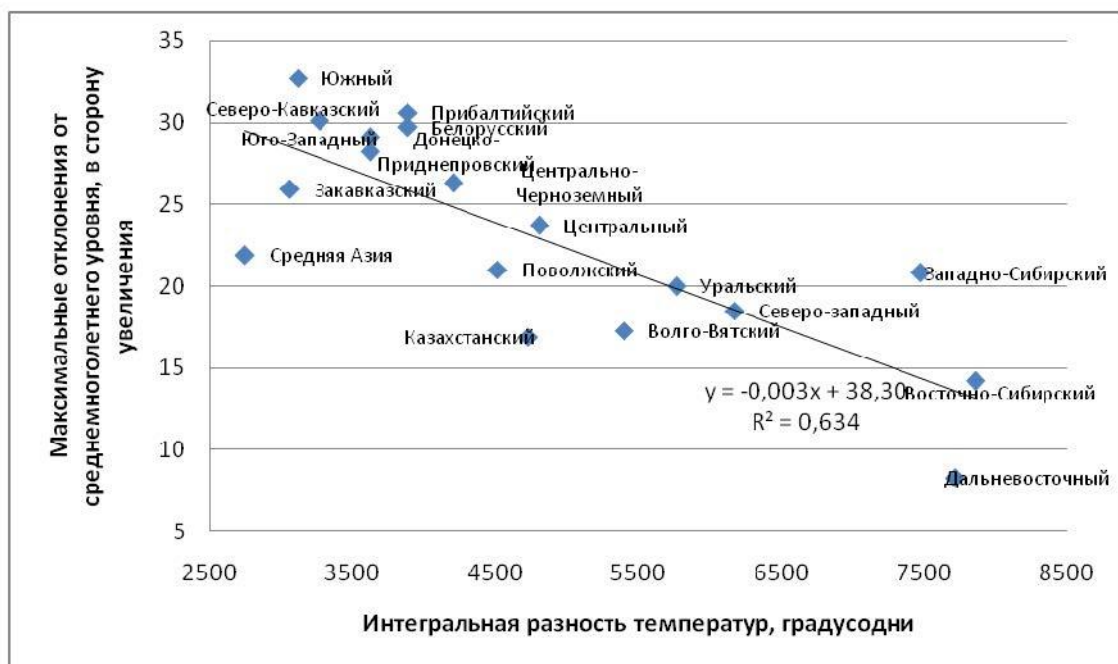


Рис. 1.17. Зависимость относительного максимального по абсолютной величине отклонения в сторону увеличения интегральной разности температур от среднегогодовой интегральной разности температур.

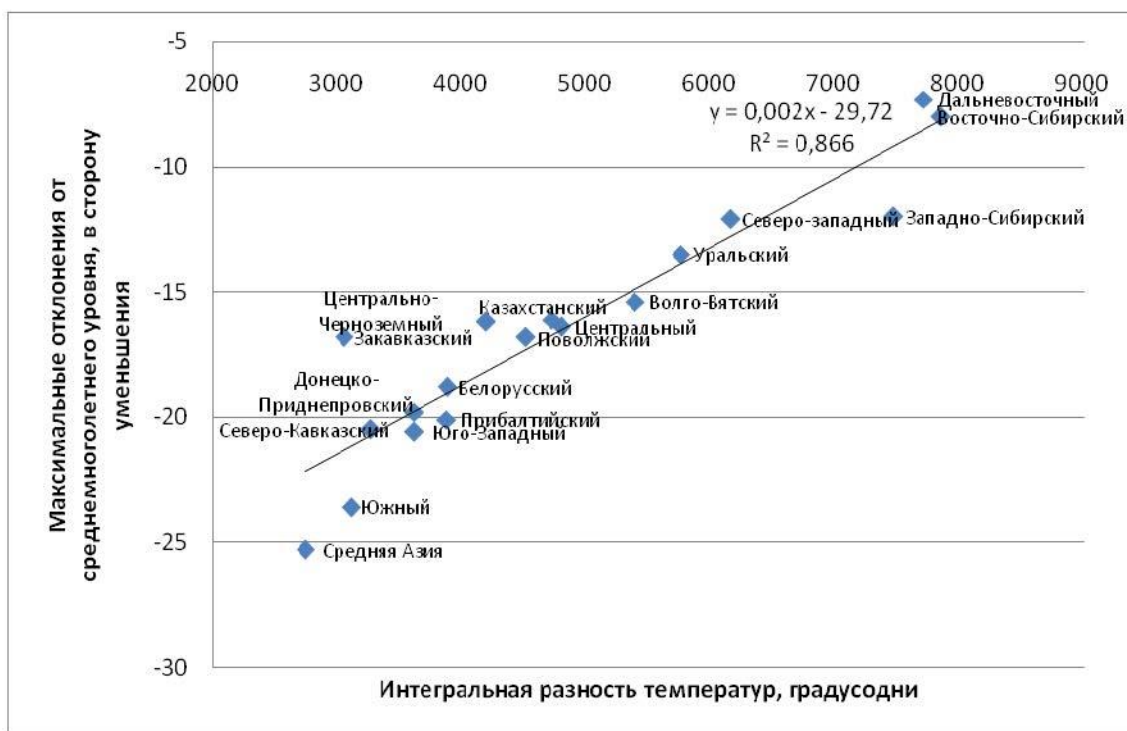


Рис. 1.18. Зависимость относительного минимального в сторону уменьшения интегральной разности температур от средне многолетней интегральной разности температур.

При переходе от холодных к относительно теплым экономическим районам возрастает интенсивность (среднее значение) колебаний потребностей в тепловой энергии и в топливе на отопление. Оно возрастает от 2,8 % для Дальнего Востока до 8,8 % (от среднего ожидаемого значения) для Средней Азии. Причем эти колебания примерно в равной степени формируются за счет колебаний продолжительностей отопительных периодов и колебаний средних зимних температур.

Снижение интенсивности колебаний потребностей в тепловой энергии и в топливе на отопление за отопительный период при переходе от относительно теплых к холодным регионам четко иллюстрирует рис. 1.19.

4. Имеет место некоторая асимметрия отклонений. Отклонения в сторону возрастания потребностей происходят реже, но в большей мере, чем отклонения в сторону снижения потребностей относительно среднего ожидаемого уровня потребления тепловой энергии и топлива на отопление.

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

6. Наблюдается большая синхронность отклонений потребностей в тепловой энергии на отопление соседних экономических районов. Для больших отклонений (превышающих 5 % и тем более 10 % от средней ожидаемой потребности) имеет место синхронность отклонений даже для сильно удаленных друг от друга регионов. Этот факт свидетельствует об ограниченных возможностях повышения надежности энергоснабжения за счет межрегионального маневрирования поставками топлива.

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

8. На основе представленных здесь результатов анализа диапазонов, интенсивностей, синхронностей и вероятностей колебаний потребности в топливе на отопление, а также на основе исследования сезонных колебаний в производстве и потреблении топлива можно осуществлять разработки по определению рационального состава средств обеспечения надежности топливоснабжения. Результаты таких разработок представлены в [5, 7, 10, 16, 20–24, 26, 28, 32–45, 48, 49, 51, 52, 67–69]. Тема выбора рациональных уровней резервов и запасов энергоресурсов, рациональных механизмов управления средствами резервирования будет обсуждаться в следующих разделах данной монографии.

ГЛАВА II. АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ С СЕЗОННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ

2.1. Проблема выбора метода для выделения и прогнозирования составляющих временных рядов

Для эффективного решения проблемы обеспечения надежного топливоснабжения, как и для решения многих других экономических задач, необходимы исследования временных рядов различной природы. Необходим анализ данных за предшествующие периоды объемов производства транспорта, хранения и потребления разных видов топлива и других видов энергоресурсов, динамики изменения цен и затрат, вариаций природно-метеорологических показателей (температуры, влажности воздуха, силы ветра, речного стока).

В динамике изменения экономических и влияющих на экономические условия параметров принято выделять несколько составляющих:

1. тренд – плавная кривая общей тенденции изменения показателя;
2. многолетние колебания;
3. регулярные с заданным периодом (сезонные, недельные, суточные) колебания;
4. случайные возмущения или случайные колебания;
5. «остаточный член», который характеризует погрешности самих исходных данных и погрешность метода и модели выделения из исходного ряда указанных выше его составляющих. Часто «остаточный член» интерпретируется только как случайная составляющая временного ряда, забывая о погрешности (неадекватности) используемых методов и моделей выделения составляющих.

Исследования суточных колебаний особенно важно для электроэнергии – продукции, которая не складывается, и поэтому объемы производства в каждый момент времени практически равны (с учетом потерь при транспортировке) потреблению. Для электроэнергии также важны недельные колебания, поскольку

суточные графики электропотребления сильно различаются по дням недели. Регулярные суточные и недельные колебания также важно учитывать для систем теплоснабжения. При решении задач управления электро- и теплоснабжением также важно выделять и анализировать сезонные колебания процессов электро- и теплоснабжения.

В проблеме обеспечения надежности топливоснабжения большую роль играет задача анализа и прогнозирования тренда и сезонных колебаний процессов производства, транспорта, потребления и хранения топлива. Для этих целей необходимо использование специальных методов выделения составляющих временных рядов.

Задаче выделения и прогнозирования составляющих временных рядов посвящено большое количество работ [37, 66, 70–81]. Существует много методов выделения и прогнозирования тренда и сезонных колебаний, приводящих порой к сильно различающимся результатам. Поэтому имеется проблема выбора наилучшего, наиболее подходящего метода.

Часто при теоретическом обосновании методов эконометрики, в том числе методов выделения и прогнозирования составляющих временных рядов, используют приемы, взятые из математической статистики. В основе их лежит предположение о том, что рассматриваемые временные ряды можно трактовать как выборку из некоторого бесконечного набора возможных реализаций. Такое предположение часто является натяжкой, поскольку экономические данные обычно уникальны.

В этой связи представляется полезным опираться не на свойства оценок выборок случайных величин и случайных процессов, а непосредственно на свойства самих формул расчета составляющих временных рядов. Можно отметить, что такой подход к методам анализа экономических данных успешно использовался и развивался российскими учеными экономистами в 1920-х годах. Ныне в такой традиции работают только некоторые современные экономисты, в частности В.А. Бессонов [81].

2.2. Критерии сопоставления методов разложения динамических рядов на тренд и сезонную составляющую

Единого подхода к выбору метода выделения составляющих временных рядов пока не предложено. Рассмотрим три из возможных подходов к обоснованию выбора методов.

Первый основан на рассмотрении априорных требований к методу выделения составляющих динамических рядов. Такой подход для проблемы выделения тренда был предложен Ловеллом [82]. Излагаемые далее результаты являются уточнением подхода Ловелла и его развитием на проблему выделения тренда и сезонных колебаний.

Задан исходный ряд x_t наблюдений какого-то параметра в моменты (периоды) времени $t = 1, \dots, T$. Процедуру выделения составляющей из исходного ряда предлагается рассматривать как некоторую вектор-функцию, преобразующую вектор $X \in R^T$ с компонентами $x_t, t = 1, \dots, T$, в вектор $F(X) \in R^T$ с компонентами $f_t(X)$, равными значению оценок выделяемой составляющей (тренда или сезонных колебаний) в момент времени $t = 1, \dots, T$. Эту вектор-функцию можно также назвать оператором, преобразующим вектор X в вектор $F(X)$.

Естественно будет предполагать, что малые изменения исходных данных (например, из-за погрешности сбора и обработки) будут давать столь же малые изменения результатов расчетов. Это выражает следующие требования.

1. Непрерывность. *Оператор F должен быть непрерывным.*

Приводимое ниже второе предположение также представляется вполне естественным.

2. Аддитивность.

$$F(X^\alpha + X^\beta) \equiv F(X^\alpha) + F(X^\beta), \quad (2.1)$$

где X^α и X^β – два временных ряда. Символ \equiv здесь и ниже означает «тождественно равно».

Это требование можно пояснить таким примером. Сумма сезонных колебаний потребления топлива электростанциями, входящими в одну энергосистему, должна составить сезонные колебания потребления топлива энергосистемой. Тренды потребления топлива отдельными электростанциями суммарно по всей энергосистеме должны составлять общую тенденцию потребления топлива энергосистемой.

Из требований непрерывности и аддитивности вытекает [85] очень важный факт, существенно сужающий множество допустимых методов выделения составляющей временных рядов.

Теорема 1. *Если оператор F удовлетворяет требованиям 1, 2, то он линейный,*

$$F(X) = AX, \quad (2.2)$$

где A – некоторая матрица размера $T \times T$.

Представляется важным и такое требование.

2а. Сохранение продуктивности (мультипликативность).

$$F(X^\alpha \otimes X^\beta) \equiv F(X^\alpha) \otimes F(X^\beta). \quad (2.3)$$

Символ \otimes означает покомпонентное умножение векторов.

Например, если ряд X^α задает динамику расхода топлива на единицу выработки электроэнергии, ряд X^β – динамику производства электроэнергии, тогда их покомпонентное произведение даст динамику потребления топлива. Можно ожидать, что тренд (сезонные колебания) рядов производства электроэнергии и удельных расходов топлива образуют тренд (сезонные колебания) потребления топлива на производство электроэнергии.

Требования 1, 2 и 2а в некотором смысле противоречивы. Справедливо следующее утверждение (доказательство приводится в конце данной главы).

Теорема 2. Если оператор F непрерывен, удовлетворяет требованиям аддитивности и сохранению продуктивности, то каждая компонента выделенной составляющей $f_t(X)$ либо тождественно равна одной из компонент вектора исходного ряда X , либо тождественно равна нулю.*

Оба случая не представляют интереса для экономических рядов.

3. Идемпотентность.

$$F(F(X)) \equiv F(X). \quad (2.4)$$

Если отдельную составляющую ряда, выделенную оператором F , рассматривать как исходный ряд, то попытка выделить из него такую же составляющую тем же методом должна привести к исходному результату. Сезонные колебания должны быть свободны от тренда, тренд – от сезонных колебаний.

Этот результат может показаться негативным, так как он означает невозможность идеальной техники выделения составляющих, удовлетворяющей всем приведенным выше требованиям. На самом деле он может быть полезен для объяснения различий в двух используемых формах записи взаимодействия составляющих временного ряда:

1) аддитивная связь, удовлетворяющая условию

$$x_t = y_t + s_t + \varepsilon_t, \quad (2.5)$$

2) мультипликативная связь, сохраняющая продуктивность

$$x_t = y_t \cdot s_t \cdot \varepsilon_t. \quad (2.6)$$

Здесь y_t , s_t , ε_t – значение тренда, сезонных колебаний и остаточного члена в период времени $t = 1, \dots, T$.

Далее мы будем рассматривать только аддитивную форму связи (2.5), поэтому требование 2а не будем учитывать.

* У Ловелла данный результат приведен несколько не точно и, соответственно, содержится ошибка в доказательстве. В теореме 2.1 [82, с. 944] приведена такая формулировка: «Если процедура выделения составляющей аддитивна и сохраняет продуктивность, тогда для каждого t справедливо одно из двух: либо $f_t(X) \equiv x_t$, либо $f_t(X) \equiv 0$ ». Несложно привести пример ошибочности этого утверждения. Так, пусть при $T = 2$ линейный оператор выделения составляющей задан матрицей $A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$, то он будет аддитивным и сохранять продуктивность, но при этом $f_1(X) \equiv x_2$.

Отметим, что непрерывность и аддитивность будут достигаться для вектор-функции F , выраженной в виде (2.2) при любой матрице A размера $T \times T$. Для конкретизации вида матрицы A и, соответственно, метода выделения составляющей временного ряда введем еще одно требование.

Из линейности оператора F следует его дифференцируемость. Существуют частные производные любой из составляющей вектор – функции F по любой из компонент вектора X . Из (2.2) следует

$$\frac{\partial f_t(X)}{\partial x_\tau} = a_{t\tau}, \quad (2.6)$$

где $a_{t\tau}$ – компонента матрицы A , находящаяся на строке t и соответствующая столбцу τ этой матрицы.

Известно, что одним из способов повышения эффективности статистических методов является фильтрация исходных данных. Это особенно актуально при прогнозировании. На данные прошлых периодов могут влиять факторы, которые не будут действовать в период прогнозирования. В этом случае необходимо ослабить действие посторонних факторов путем придания меньших значений данным тех периодов времени, когда эти факторы проявились в наибольшей степени.

Введем веса информативности наблюдений периодов времени $t \in 1, \dots, T$ – положительные величины b_t . Рассмотренное ниже требование относится к оператору выделения суммы тренда и сезонной составляющей.

4. Учет информативности наблюдений[†].

$$\frac{b_t}{b_\tau} = \frac{\partial f_\tau(x)}{\partial x_t} / \frac{\partial f_t(x)}{\partial x_\tau}. \quad (2.7)$$

Отношение влияния наблюдений в период τ (величина x_τ) на оценку периода t (значение $f_t(x)$) к обратному влиянию – наблюдений в период t на оценку периода τ , равно отношению весов информативности периодов t и τ

[†] Ловелл [82] при анализе методов выделения тренда вводил требование симметрии в такой форме: $\partial f_\tau(X)/\partial x_t = \partial f_t(X)/\partial x_\tau$, что является частным случаем формулы (2.7) и совпадает с ней при неизменных во времени весах информативности.

Чем выше показатель b_t по отношению к другим весам информативности, тем сильнее влияет период наблюдений t на оценку составляющих в другие моменты времени.

Второй подход основан на определении возможностей выделения тренда сложной динамики. В качестве количественной оценки сложности динамики можно использовать показатель максимальной степени полинома от времени, которым может быть представлен тренд. Такой способ сравнения методов декомпозиции был предложен А.И. Гольдштейном [83].

Предположим, что тренд, составляющий вектор $Y^n \in R^T$, выражен полиномом от времени степени n . Компоненты вектора Y^n имеют вид

$$y_t^n = \sum_{i=0}^n a_i t^i, \quad t \in 1, \dots, T, \quad i = 0, \dots, N, \quad (2.8)$$

при некоторых заданных коэффициентах a_i .

Из двух методов выделения тренда F_y^α и F_y^β лучшим по второму критерию будет тот, который позволяет выделить тренд более сложной структуры, т. е. представленный полиномом более высокой степени.

Если

$$\begin{aligned} F_Y^\alpha(Y^m) &\equiv Y^m, \quad F_Y^\alpha(Y^{m+1}) \neq Y^{m+1}, \\ F_Y^\beta(Y^n) &\equiv Y^n, \quad F_Y^\beta(Y^{n+1}) \neq Y^{n+1} \end{aligned} \quad (2.9)$$

и $m > n$, то метод выделения тренда, описанный как F_y^α лучше выделяет тренд, чем метод, заданный вектор-функцией F_y^β .

Эффективность методов разложения рядов на составляющие целесообразно оценивать на реальных данных. При этом в качестве **третьего критерия** можно использовать среднеквадратическое значение остаточного члена

$$D = \left(\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2 \right)^{1/2}. \quad (2.10)$$

Чем меньше среднее значение остаточного члена, тем, вероятно, точнее исходный ряд аппроксимируется суммой тренда и сезонной составляющей. Этот

критерий наиболее нагляден, хотя и менее универсален. Результаты, полученные на отдельных рядах, вообще говоря, не корректно обобщать на метод в целом, так как они могут быть обусловлены спецификой рассматриваемых рядов. Спорна и сама целевая установка минимизации отклонений наблюдаемых значений ряда от суммы его детерминированных составляющих. Поэтому данный критерий, скорее, носит иллюстративный характер и имеет второстепенное значение.

В отличие от первого критерия для сопоставления методов, где могут быть только однозначные ответы, выполняются или нет требования идемпотентности, аддитивности и симметрии, второй и третий критерии дают количественную оценку эффективности методов.

2.3. Результаты сравнительного анализа алгоритмов выделения составляющих рядов динамики

В данном разделе приведены результаты сравнительного анализа трех типов методов оценки составляющих временных рядов по критериям, рассмотренным в предыдущем разделе. Это следующие методы: основанные на оценке тренда в виде скользящей средней; использующие исчисление разностей членов временного ряда; базирующиеся на уравнении линейной регрессии. Хотя анализируемые методы приведены в максимально общей форме, они, конечно, не охватывают все возможные способы статистической обработки данных с целью выделения и прогнозирования составляющих динамических рядов.

В общем случае оценка тренда в период t по методу **скользящей средней** задается следующим образом:

$$y_t = \sum_{\tau=\underline{K}}^{\bar{K}} \alpha_{\tau} x_{t+\tau}, \quad (2.11)$$

где \underline{K} и \bar{K} – нижняя и верхняя границы интервала усреднения ($\underline{K} < 0$, $\bar{K} > 0$); α_{τ} – весовые коэффициенты, положительные величины, в сумме дающие единицу

$$\sum_{\tau=\underline{K}}^{\bar{K}} \alpha_{\tau} = 1. \quad (1.12)$$

Обычно в формуле скользящей средней используются симметричные весовые коэффициенты, удовлетворяющие условиям

$$\bar{K} = -\underline{K}, \quad \alpha_{\tau} = \alpha_{-\tau}, \quad \tau = 1, \dots, \bar{K}. \quad (2.13)$$

При этом, как правило, выполняются следующие неравенства

$$a_{\tau} \geq a_{-\tau+1}, \quad \tau = 1, \dots, \bar{K} - 1. \quad (2.14)$$

Они означают, что в формуле (2.11) при расчете значения тренда в период времени t больший (точнее – не меньший) вес предается данным исходного временного ряда, ближе расположенного к периоду t .

Например, при квартальных данных, чтобы элиминироваться от сезонных колебаний тренд может вычисляться по формуле (2.11) при $\bar{K} - \underline{K} = 2$

$$\alpha_2 = \alpha_{-2} = 0,125; \quad \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_{-1} = 0,25.$$

При месячных данных могут использоваться значения

$$\begin{aligned} \bar{K} &= -\underline{K} = 6, \\ \alpha_6 &= \alpha_{-6} = 1/24, \\ \alpha_i &= 1/12, \quad i = -5, \dots, 5. \end{aligned}$$

Заметим, что из (2.13) следует равенство

$$\sum_{\tau=\underline{K}}^{-1} \tau a_i = \sum_{\tau=1}^{\bar{K}} \tau a_i, \quad (2.15)$$

это равенство будем называть ослабленным условием симметрии весов.

Определенная выражением (2.11) оценка тренда линейно зависит от вектора X . Следовательно, эта оценка аддитивна и непрерывна. Но она не идемпотентна.

Использование формулы (2.13) для оценки тренда при симметричных весовых коэффициентах, удовлетворяющих (2.15), позволяет точно определить тренд, выраженный полиномом первой степени, но уже для полинома второй степени от времени скользящая средняя дает смещенную оценку. Действи-

тельно, повторное применение скользящей средней (2.11) к ряду y_t , полученному на основании (2.11) из исходного ряда x_t , приведет к формуле скользящей средней от ряда x_t с более широким, чем $[\underline{K}, \bar{K}]$, интервалом усреднения и с другими весовыми коэффициентами.

Вторая группа – **методы, использующие исчисление разности членов исходного ряда**. При этом определяется показатель, который характеризует изменение сезонных колебаний s_t между соседними периодами времени. Он так и называется – сезонные изменения [84]

$$c_t = s_t - s_{t-1}. \quad (2.16)$$

В начале XX в. широкое применение имел метод Персонса. В основе его лежит оценка сезонных изменений по разности соседних членов

$$\hat{c}_t = x_t - x_{t-1}, \quad t = 2, \dots, T. \quad (2.17)$$

Оценка сезонных колебаний по значениям сезонных изменений для данного метода задана с точностью до определения \hat{s}_1 . Исходя из формул (2.16), (2.17) имеем

$$\hat{s}_t = \hat{s}_1 + \sum_{\tau=2}^t \hat{c}_\tau = \hat{s}_1 + x_t - x_1. \quad (2.18)$$

Оценку \hat{s}_1 по этим формулам получить нельзя. Поэтому в ее определении содержится произвол, от которого зависит и величина оценки колебаний в последующие периоды. В случае линейной зависимости \hat{s}_1 от ряда X данный метод дает аддитивную оценку сезонных колебаний. В отдельных случаях эта оценка может быть идемпотентной. Поскольку определение величины \hat{s}_1 представляет трудность, и, вообще говоря, неизвестно, как ее задавать, то выполнение условий аддитивности и идемпотентности можно рассматривать только как возможность, но не достоверный факт.

Основной недостаток этого метода состоит в том, что он позволяет элиминировать только постоянную составляющую тренда. Для тренда, выраженного

полиномом первой степени от времени, оценка смещена. Его влияние присутствует в оценке сезонной составляющей.

Более эффективным по второму критерию является метод, предложенный Гольдштейном [83]. В этом методе используются разности членов ряда X , отстоящих друг от друга на K и $K + 1$ периодов, где K – количество наблюдений ряда X в году

$$\hat{c}_t = \Delta_{K+1}(t) - \frac{K+1}{2K} [\Delta_K(t) + \Delta_K(t+1)], \quad t = K+2, \dots, T, \quad (2.19)$$

$$\hat{c}_t = \Delta_{K+1}(t) - \frac{K+1}{2K} [\Delta_K(t) + \Delta_K(t+1)], \quad t = K+2, \dots, T$$

где

$$\Delta_l(t) = x_t - x_{t-l}.$$

Такое правило дает оценку сезонных изменений, свободную от влияния тренда, выраженного полиномом второй степени от времени. Оценка сезонных колебаний для моментов времени $t = K+2, \dots, T$, определяемая по формулам (2.16), (2.19) зависит от величины \hat{s}_{K+1} , которую, находясь в рамках данного метода, определить нельзя. Оценка сезонных колебаний по методу Гольдштейна не идемпотентна.

Конечно, методы Персона и Гольдштейна здесь приведены только в качестве иллюстраций того, какими алгоритмами анализа сезонных изменений пользовались в докомпьютерную эпоху. Это наглядные, простые для ручного счета методы, которыми вряд ли стоит пользоваться в настоящее время.

Третья группа – **методы, использующие уравнение регрессии** для оценки и прогнозирования составляющих временных рядов. В общем случае данные методы могут быть описаны в виде такой модели:

$$\left. \begin{aligned} x_t &= y_t + s_t + \varepsilon_t \\ y_t &= \sum_{i=1}^M \alpha_i g_{it} \\ s_t &= \sum_{i=M+1}^N \alpha_i g_{it} \end{aligned} \right\}, \quad (2.20)$$

где g_{it} – значения априори заданных факторов в момент времени t ; α_i – параметры модели; $i = 1, \dots, M$ – номера факторов, определяющих тренд; $i = M + 1, \dots, N$ – номера факторов, определяющих сезонные колебания.

Для оценки параметров модели используется метод наименьших квадратов. Разная информативность исходных данных может быть учтена путем введения весов информативности b_t в минимизируемую функцию. В таком случае эта функция имеет вид

$$\sum_{t=1}^T b_t \varepsilon_t^2 \rightarrow \min. \quad (2.21)$$

Теорема 3. *Метод, использующий уравнение линейной регрессии для оценки суммы тренда и сезонных колебаний на основе метода взвешенных наименьших квадратов с весами, равными информативности данных отдельных периодов времени, удовлетворяет требованиям идемпотентности, аддитивности и учета информативности наблюдений. Наоборот, метод, удовлетворяющий этим требованиям, может быть представлен в виде алгоритма оценки составляющих по уравнению регрессии методом взвешенных наименьших квадратов.*

Таким образом, использование модели (2.20), (2.21) для оценки составляющих не только является достаточным условием выполнения указанных требований, но может рассматриваться и как необходимое условие. Это отражает эффективность данной группы методов по первому критерию.

Усложняя аналитическую запись факторов, задающих выражение тренда, можно получить несмещенную оценку для тренда, априори выраженного в виде полинома от времени сколь угодно высокой степени. Таким образом, использование регрессионной модели эффективно по второму критерию.

Для использования третьего критерия – среднеквадратического значения остаточного члена, приведенных выше формул, не достаточно. По ним нельзя априори оценить величину ошибки ε_t для методов, использующих скользящую

среднюю для построения тренда и исчисление разностей для определения сезонных изменений. Вместе с тем произведенные сопоставления методов по третьему критерию, при всей его условности, также свидетельствуют в пользу регрессионной модели.

Таким образом, результаты сопоставления методов по всем трем критериям позволяет отдать предпочтение регрессионным моделям. Более того, поскольку регрессионная модель удовлетворяет всем изложенным выше требованиям к методу выделения составляющих динамически рядов и при этом в принципе позволяет оценивать тренд сложной структуры, то можно сделать вывод о безусловном преимуществе этого метода в рамках рассматриваемых критериев.

Для применения регрессионной модели при прогнозировании потребности в топливе необходимо конкретизировать аналитические выражения значений факторов. Они могут быть заданы в различной форме.

2.4. Регрессионная модель оценки и экстраполяции тренда и сезонных колебаний при меняющейся информативности исходных данных

Ниже приведено описание модели, впервые изложенной в [39]. Уравнения модели задают связь между фактическим значением x_t отдельно взятого ряда в период времени t , с его составляющими y_t , s_t , ε_t и аналитические зависимости этих составляющих от времени.

Основное уравнение модели

$$x_t = y_t + s_t + \varepsilon_t, \quad (2.22)$$

где y_t – тренд, гладкая кривая, отражающая эволютарные изменения ряда X . Тренд выражается в форме полинома от времени

$$y_t = \sum_{i=0}^n a_i t^i; \quad (2.23)$$

s_t – сезонная составляющая, периодическая функция от времени с постоянной либо с плавно меняющейся формой волны. Эта функция представлена суммой строго периодических функций с весами t^i

$$s_t = \sum_{i=0}^m s_i(t) t^i. \quad (2.24)$$

Периодическая функция $s_0(t)$ характеризует среднее значение сезонных колебаний. Функции $s_i(t)$, $i > 0$ определяют изменение формы и амплитуды сезонных колебаний от времени. Период колебаний этих функций равен году. Они заданы разложением в ряд Фурье

$$s_i(t) = \sum_{j=1}^{K/2} \alpha_{ij} \cos \frac{2\pi jt}{K} + \sum_{j=1}^{K/2-1} \beta_{ij} \sin \frac{2\pi jt}{K}, \quad (2.25)$$

где K – количество наблюдений ряда x_t в году ($K = 4$ при квартальной статистике, $K = 12$ – при месячной).

В описываемой модели n , m – заданные натуральные числа, определяющие количество факторов, учитываемых в аналитической записи тренда и сезонных колебаний. Они могут быть либо априори заданными, либо находятся алгоритмически. В последнем случае выбор значений n , m определяется по критерию минимума оценки дисперсии остаточного члена

$$D(\varepsilon) = \frac{1}{T - r(n, m)} \sum_{t=1}^T b_t \varepsilon_t^2; \quad (2.26)$$

где $r(n, m)$ – количество факторов в модели, зависящее от величин n , m

$$r(n, m) = (1 + n) + (1 + m)(K - 1). \quad (2.27)$$

Отметим, что использованной при записи (2.20) регрессионной модели параметры соответствуют следующим значениям

$$M = n + 1, \quad N = (1 + m)(K - 1) + M.$$

Для оценки параметров модели a_i , α_{ij} , β_{ij} используется метод наименьших квадратов. В минимизируемую целевую функцию введены веса информативности исходных данных. Итак, решается задача

$$\sum_{t=1}^T b_t \varepsilon_t^2 \rightarrow \min, \quad (2.28)$$

при условиях (2.22)–(2.25).

С помощью весов информативности можно учитывать как качественные, структурные изменения рассматриваемого ряда в прошлом, так и закономерные изменения в воздействии внешних факторов. В частности, интерес представляют экспоненциальные веса, которые отражают старение данных с постоянным темпом. Их целесообразно использовать и при отсутствии какой-либо информации о внешних воздействиях. В этом случае веса информативности имеет вид

$$b_t = b^{\lambda t}, \quad (2.29)$$

где b^λ – темп старения данных.

Можно не задавать точное значение величин b_t априори, а выбирать их из некоторого заранее определенного класса путем сопоставления прогнозов *post factum* с фактическим значением ряда. В частности, для определения показателя λ при использовании экспоненциальных весов целесообразно применять критерии минимума среднеквадратической ошибки прогноза

$$\sigma(\lambda) = \left(\frac{1}{P-T} \sum_{t=T+1}^P (x_t - \hat{x}_t(\lambda))^2 \right)^{1/2}, \quad (2.30)$$

где $\hat{x}_t(\lambda)$ – оценка значения ряда x_t через сумму оценок тренда и сезонных колебаний по описанной выше модели. Проверка точности прогноза производится по данным периодов $t = T + 1, \dots, P, P < T$.

Оптимальное значение λ можно эффективно находить методом золотого сечения. В табл. 2.1 приведены результаты такого поиска для ряда поквартального расхода угля в СССР при базовом периоде, на котором определялось значение параметров модели, продолжительностью в семь лет при прогнозном *post factum* периоде в один год. В данном примере точность определения показателя λ составляла 0,05. Исходный интервал, в котором производился поиск оптимума – $[0, 1]$. В результате расчетов интервал, содержащий оптимум, был сужен до $[0,236, 0,270]$. Наиболее близкое к оптимуму значению темпа старения данных составляет величина $b^{0,257} = 1,28$. Использование оптимального значения весов информативности (при $\lambda = 0,257$) в данном случае способствовало повышению

точности прогноза почти в два раза по сравнению с вариантом прогноза, не учитывающим изменение информативности ($\lambda = 0$).

Т а б л и ц а 2.1

Поиск оптимального значения темпа старения данных для ряда поквартального расхода угля в СССР методом золотого сечения

Параметр темпа старения данных λ	Ошибка прогноза $\sigma(\lambda)$ (млн т)	Интервал, содержащий оптимум
0,000	6,46	0–1
0,382	4,36	
0,618	8,53	
1,00	16,10	
0,236	3,64	0–0,618
0,146	4,14	0–0,382
0,292	3,72	0,146–0,382
0,202	3,73	0,146–0,292
0,257	3,62	0,202–0,292
0,270	3,65	0,236–0,292
0,249	3,63	0,236–0,270

Рассматриваемая модель позволяет оценивать тренд и сезонную составляющую не только для одного ряда, но и для совокупности рядов, связанных балансовыми соотношениями. Для этого необходимо дополнить формулы аналитического выражения каждого ряда этими ограничениями, что не выводит модель за рамки уравнения регрессии. В функции, минимизируемой при оценке параметров, суммирование должно производиться как по времени, так и по рассматриваемому набору ресурсов. Веса информативности могут быть использованы, в том числе в качестве характеристик точности исходных рядов. Этим приемом можно добиться прогноза потребности в топливе, сбалансированным по видам топлива и потребителям.

В тех случаях, когда одна из составляющих – тренд либо сезонные колебания – определяется более точно другими методами, модель может быть полезна для прогнозирования оставшейся составляющей.

В качестве одного из возможных вариантов изложенной модели можно рассматривать модель Геншау [84], в которой при описании динамики изменения каждого месяца (или квартала при квартальных данных) используются свои полиномы степени m . При этом в дополнении вводятся общие составляющие для всех месяцев (кварталов) года составляющие полинома со степенями от $m + 1$ до n .

2.5. Пример выделения тренда и сезонных колебаний из временного ряда

Результаты выделенного тренда и сезонных колебаний из временного ряда среднемесячных температур в г. Иркутске для периода с 1985 по 2015 г. представлены на рис. 2.1, 2.2. В этих расчетах на модели «Кассандра» использовался при задании тренда полином второй степени, т. е. значение $n = 2$. При описании сезонных колебаний использовалась только средняя за период сезонная волна, что соответствует значению $m = 0$. Проведенные экспериментальные расчеты со значением $m = 1$ показали, что существенные изменения форм и амплитуды сезонной волны за рассматриваемый период не наблюдаются.

Выявленная средняя сезонная волна отклонения от тренда среднемесячных температур (рис. 2.2) показывает, что отклонения среднемесячных температур от среднегодового уровня достигает $+19\text{ }^{\circ}\text{C}$ в июле и $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ в январе. То есть диапазон даже среднемесячных температур составляет в Иркутске около $38\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом диапазон колебаний среднесуточных температур значительно, почти в два раза, больше. Все это свидетельствует о резко континентальном климате в районе г. Иркутска.

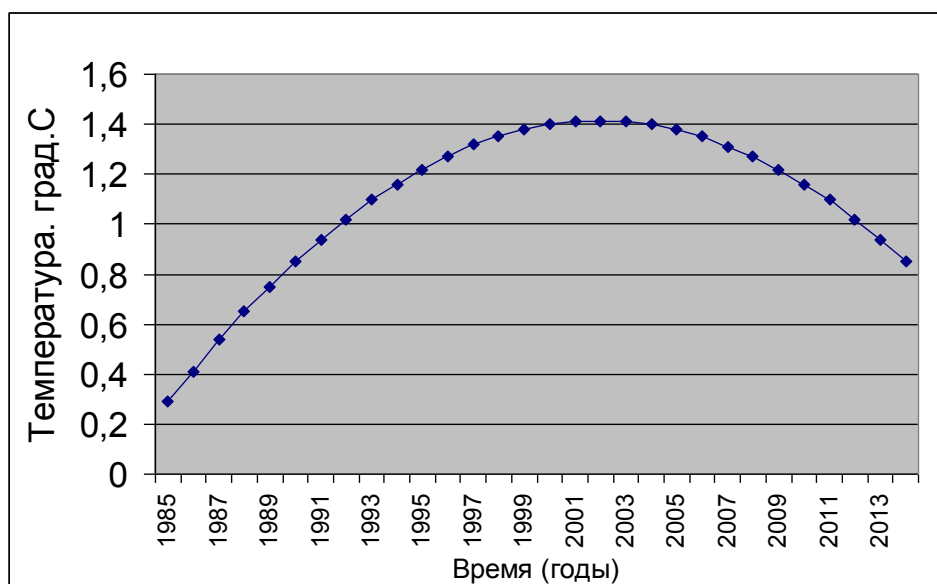


Рис. 2.1. Тренд температуры воздуха в г. Иркутске за период 1985–2014 гг., оцененный на модели «Кассандра».

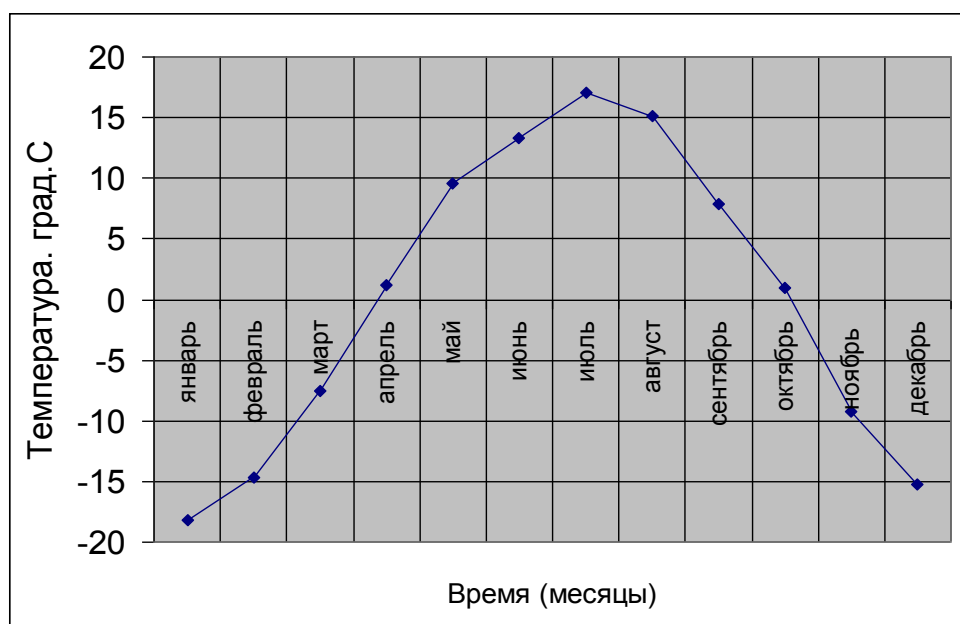


Рис. 2.2. Средняя сезонная волна температуры воздуха в г. Иркутске за 1985–2014 гг., оцененная на модели «Кассандра».

Представленный на рис. 2.1 тренд изменения среднегодовой температуры в г. Иркутске показывает, что в рассматриваемом периоде можно различать два подпериода. Первый – с 1985 по 2001 г. характеризуется повышением среднегодовой температуры с $-0,2$ до $+1,2$ °С. Второй подпериод, особенно после 2005 г., характеризуется тенденцией к потеплению.

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 и тот факт, что здесь для описания тренда нами использовались полиномы второй степени.

2.6. Доказательства свойств оператора выделения составляющих в динамических рядах и результатов анализа статистических методов

Докажем приведенные выше утверждения.

Теорема 1. Она является известным утверждением, доказанным, например, в [85]. Приведем вкратце схему доказательства.

Для доказательства линейности аддитивной и непрерывной вектор – функции F требуется установить ее линейную однородность: при любых $X \in F^T$, любом вещественном α

$$F(\alpha X) = \alpha F(X). \quad (2.31)$$

Данный факт непосредственно вытекает при целом α из аддитивности F . Отсюда следует его справедливость при $\alpha = 1/\beta$, где β – любое целое, отличное от нуля число. Последовательно используя эти два факта, приходим к выполнению (2.31) при любом рациональном α . Непрерывность F обобщает это утверждение на любое вещественное α .

Теорема 2. *Противоречивость требований аддитивности и сохранения продуктивности. Необходимо доказать что, если непрерывный оператор F удовлетворяют условию аддитивности (2.1) и сохранению продуктивности (2.3), то для любого $t \in \{1, \dots, T\}$ либо $f_t(X) \equiv 0$, либо существует $\tau = 1, \dots, T$, что $f_t(X) \equiv x_\tau$.*

Доказательство. Согласно теореме 1, из непрерывности и аддитивности оператора F следует его линейность, т. е. существует матрица $A = \{a_{ij}\}$ размерности $T \times T$, при которой справедливо выражение (2.2). В таком случае

$$f_t(l^\tau) = a_{t\tau}, \quad (2.32)$$

где f_t – компонента с номером t вектор-функции F ; l^τ – τ -й орт в пространстве E^T , т. е. вектор, у которого все компоненты нулевые, кроме компоненты с номером τ , которая равна единице.

Используя соотношение (2.32), равенство $l^\tau \otimes l^\tau = l^\tau$ и условие сохранения продуктивности (2.3), получаем

$$a_{t\tau} = f_t(l^\tau) = f_t(l^\tau \otimes l^\tau) = f_t(l^\tau) \cdot f_t(l^\tau) = a_{t\tau} \cdot a_{t\tau}.$$

Отсюда следует, что для всех $t \in \{1, \dots, T\}$ либо $a_{t\tau} = 0$, либо $a_{t\tau} = 1$.

Из линейности оператора F и ортогональности векторов l^t , l^h ($h \neq \tau$), используя условие сохранения продуктивности, получаем

$$0 = f_t(0) = f_t(l^t \cdot l^h) = a_{t\tau} \cdot a_{th}.$$

Таким образом, в каждой строке матрицы A может быть не больше одного отличного от нуля элемента. При этом отличный от нуля элемент матрицы A равен единице. Если в t -й строке матрицы A нет ненулевых элементов, то $f_t(X) = 0$. Иначе, если $a_{t\tau}$ – ненулевой элемент, то он равен единице и, следовательно, $f_t(X) \equiv x_\tau$.

Теорема 2 доказана.

Теорема 3. *Адекватность регрессионной модели требованиям идемпотентности, аддитивности и учета информативности наблюдений.*

Доказывается два утверждения:

1) прямое утверждение – оценка суммы тренда и сезонной составляющей временного ряда по регрессионной модели (2.20), (2.21) удовлетворяет требованиям идемпотентности, аддитивности и учета информативности наблюдений;

2) обратное утверждение – идемпотентная, аддитивная и учитывающая информативность наблюдений оценка составляющих может быть представлена как оценка суммы тренда и сезонных колебаний по уравнению регрессии, т. е. найдется матрица факторов, используя которую в модели (2.20), (2.21) можно получить оценки суммы тренда и сезонных колебаний.

Для доказательства этих утверждений используем описание уравнений регрессионной модели (2.20), (2.21) в векторной форме

$$\left. \begin{aligned} X &= Y + S + \varepsilon; \\ Y &= G_1 \alpha_1; \\ S &= G_2 \alpha_2; \\ \hat{X} &= Y + S = G \alpha. \end{aligned} \right\} \quad (2.33)$$

Обозначения: X , Y , S , ε , \hat{X} – это T -мерные векторы-столбцы, компонентами которых являются значения исходного ряда, тренда, сезонных колебаний, остаточного члена и суммы тренда с сезонными колебаниями в отдельные периоды времени; G_1 – матрица размера $T \times M$, составленная из значений первой группы

факторов; G_2 – матрица размерности $T \times (N - M)$, составленная из значений второй группы факторов; α_1 и α_2 M - и $(N - M)$ -мерные вектор-столбцы коэффициентов уравнения регрессии; G – матрица размера $T \times N$, составленная путем соединения матриц G_1 и G_2 , α – вектор-столбец, образованный соединением векторов α_1 и α_2 .

Обозначим B квадратную диагональную матрицу размерности $T \times T$ с коэффициентами b_t на диагонали. Оценка вектора параметров методом наименьших квадратов состоит в минимизации квадратичной функции, соответствующей (2.21)

$$\Phi(\alpha) = \varepsilon' B \varepsilon = (X - G\alpha)' B (X - G\alpha). \quad (2.34)$$

Приравнивая частные производные функции $\Phi(\alpha)$ к нулю, получаем следующую формулу оценки вектора α

$$\bar{\alpha} = (GBG')^{-1} GBX.$$

Обозначим $\bar{\alpha}_1$, $\bar{\alpha}_2$ векторы, составленные из первых M последних ($N - M$) компонент вектора $\bar{\alpha}$. То есть, согласно (2.33), векторы выявленных значений тренда и сезонных колебаний определяются по формулам

$$\bar{Y} = G_1 \bar{\alpha}_1,$$

$$\bar{S} = G_2 \bar{\alpha}.$$

Вектор суммарных значений обоих выделенных составляющих обозначим

$$\bar{X} = \bar{Y} + \bar{S}.$$

То есть

$$\bar{X} = G \bar{\alpha}.$$

Считаем, что все коэффициенты b_t положительные. Поэтому матрица B обратима.

Доказательство прямого утверждения. Регрессионная модель дает линейную оценку составляющих

$$\left. \begin{aligned} \bar{Y} &= G_1 (GBG')^{-1} GBX \\ \bar{S} &= G_2 (GBG')^{-1} GBX \end{aligned} \right\}, \quad (2.35)$$

поэтому она дает **аддитивную** оценку.

Если в качестве исходных рядов использовать оценку одной из составляющих, полученных по регрессионной модели (\bar{Y} или \bar{S}), то наименьшую (нулевую) ошибку будут давать такие значения параметров α_1 и α_2 , которые равны полученным ранее

$$\begin{aligned} \min_{\alpha_1} (\bar{Y} - G_1 \alpha_1)' B (\bar{Y} - G_1 \alpha_1) &= (G_1 \bar{\alpha}_1 - G_1 \alpha_1)' B (G_1 \bar{\alpha}_1 - G_1 \alpha_1) = 0, \\ \min_{\alpha_2} (\bar{S} - G_2 \alpha_2)' B (\bar{S} - G_2 \alpha_2) &= (G_2 \bar{\alpha}_2 - G_2 \alpha_2)' B (G_2 \bar{\alpha}_2 - G_2 \alpha_2) = 0, \end{aligned} \quad (2.36)$$

Это доказывает **идемпотентность**.

Требование учета информативности наблюдений (2.7) при использовании линейного оператора выделения составляющей \bar{X} из ряда X , который определим матрицей A , имеет вид

$$BA = A'B. \quad (2.37)$$

Подставим в правую и левую части этого выражения матрицу, задающую оценку \hat{X} при использовании регрессионной модели,

$$A = G(GBG')^{-1}GB. \quad (2.38)$$

Можем убедиться, что требуемое тождество (2.37) выполняется. Таким образом, доказано выполнение третьего требования.

Доказательство обратного утверждения. Аддитивный и непрерывный оператор является линейным, поэтому оценку \bar{X} можно представить в виде произведения матрицы A на вектор X

$$\bar{X} = AX. \quad (2.39)$$

Покажем, что оценка составляющей X по регрессионной модели с использованием матрицы факторов $G = AB^{-1}$ совпадает с приведенной линейной оценкой при выполнении требований идемпотентности – $AA = A$ и симметрии – $AB^{-1} = B^{-1}A'$, т.е. необходимо доказать справедливость тождества

$$G(GBG')^{-1}GB = A. \quad (2.40)$$

Подставляя выражение матрицы G через A и B в левую часть доказываемого тождества и используя условие симметрии, имеем

$$AB^{-1}(AB^{-1}BB^{-1}A')^{-1}AB^{-1}B = AB^{-1}(AAB^{-1})^1A. \quad (2.41)$$

Используя условие идемпотентности, получаем эквивалентное выражение левой части доказываемого тождества, совпадающее с правой частью

$$AB^{-1}(AAB^{-1})^{-1}A = AB^{-1}(AB^{-1})^{-1}A = A, \quad (2.42)$$

что доказывает обратное утверждение.

Невыполнение требования идемпотентности для оценки тренда методом скользящей средней.

Если временной ряд y_t , полученный по формуле (2.11), использовать в качестве исходного для метода скользящей средней, т. е. произвести повторное сглаживание, то имеем следующую оценку составляющей тренда:

$$\begin{aligned} \hat{y}_t &= \sum_{\tau=\underline{K}}^{\bar{K}} \alpha_{\tau} y_{t+\tau} = \sum_{\tau=\underline{K}}^{\bar{K}} \alpha_{\tau} \sum_{h=\underline{K}}^{\bar{K}} \alpha_h \cdot x_{t+\tau+h} = \\ &= \sum_{\tau=2\underline{K}}^{2\bar{K}} \gamma_{\tau} \cdot x_{t+\tau}, \quad t \in \{1-2\underline{K}, \dots, T-2\bar{K}\}, \end{aligned} \quad (2.43)$$

где $\gamma_r = \sum_{\tau, h/\tau+h-r} \alpha_{\tau} \alpha_h$.

Предположим, что $\alpha_{\underline{K}} \neq 0$, иначе интервал взвешивания можно сузить до $[\underline{K}+1, \bar{K}]$. Из этого предположения следует, что $\gamma_{2\underline{K}} = \alpha_{\underline{K}} \cdot \alpha_{\underline{K}}$ не равно нулю. Таким образом, если оценка \hat{y}_t зависит от значения $x_{t+2\underline{K}}$, то оценка y_t не зависит от $x_{t+2\underline{K}}$. Следовательно, они не могут быть тождественно равными. Оценка тренда по методу скользящей средней не идемпотентна.

Смещение оценки тренда по методу скользящей средней для полинома второй степени.

Подставляя аналитическое выражение полинома второй степени от времени в формулу скользящей средней (2.11), имеем

$$\begin{aligned} \sum_{\tau=\underline{K}}^{\bar{K}} \alpha_{\tau} y_{t+\tau}^{(2)} &= \sum_{\tau=\underline{K}}^{\bar{K}} \alpha_{\tau} (a_0 + a_1(t+\tau) + a_2(t+\tau)^2) = \\ &= a_0 \sum_{\tau=\underline{K}}^{\bar{K}} \alpha_{\tau} + a_1 t \sum_{\tau=\underline{K}}^{\bar{K}} \alpha_{\tau} + a_1 \sum_{\tau=\underline{K}}^{\bar{K}} \alpha_{\tau} \tau + a_2 t^2 \sum_{\tau=\underline{K}}^{\bar{K}} \alpha_{\tau} = \end{aligned}$$

$$= 2a_2t \sum_{\tau=\underline{K}}^{\bar{K}} \alpha_\tau \tau + a_2 \sum_{\tau=\underline{K}}^{\bar{K}} \alpha_\tau \tau^2. \quad (2.44)$$

Используя соотношения (2.10) и (2.11), получаем следующее равенство:

$$\sum_{\tau=\underline{K}}^{\bar{K}} \alpha_\tau y_{t+\tau}^{(2)} = a_0 + a_1t + a_2t^2 + a_2 \sum_{\tau=\underline{K}}^{\bar{K}} \alpha_\tau \tau^2. \quad (2.45)$$

Таким образом, величина смещения при оценке по формуле скользящей средней полинома второй степени равна $a_2 \sum_{\tau=\underline{K}}^{\bar{K}} \alpha_\tau \tau^2$.

Влияние тренда, выраженного полиномом первой степени, на оценку сезонных изменений по методу Пирсона.

Подставляя в формулу оценки сезонных изменений (2.16) вместо исходного ряда полином первой степени от времени, получаем величину, характеризующую влияние тренда на оценку сезонных изменений

$$\hat{c}_t(Y^{(1)}) = y_t^{(1)} - y_{t-1}^{(1)} = a_0 + a_1t - (a_0 + a_1(t-1)) = a_1. \quad (2.46)$$

Влияние тренда, выраженного полиномом третьей степени на оценку сезонных изменений по методу Гольдштейна. Подставляя в формулу (2.19) в качестве исходного ряда полином третьей степени от времени, имеем следующую величину влияния тренда на оценку сезонных изменений:

$$\begin{aligned} \hat{c}_t(Y^{(3)}) = \sum_{i=0}^3 a_i [(t^i - (t-k-1)^i) - \frac{K+1}{2K} (t^i + (t-K)^i + \\ + (t-1)^i - (t-K-1)^i)] = \frac{K+1}{2} (K - 6tK - 12t - 1)a. \end{aligned} \quad (2.47)$$

ГЛАВА III. НАДЕЖНОСТЬ ТОПЛИВОСНАБЖЕНИЯ

3.1. Составляющие проблемы обеспечения надежности топливоснабжения

В исследованиях проблемы обеспечения надежности топливоснабжения следует выделять две составляющие.

Одна из них – изучение самих регулярных и случайных колебаний процессов производства, транспорта и потребления топлива, выявление закономерностей, тенденций и законов вероятности отклонений. Это направление исследований было отражено в предыдущих разделах. Конечно, необходимо создание системы постоянных наблюдений за состоянием процессов энергоснабжения экономики и населения России, широкой по обхвату рассматриваемых данных, регулярно осуществляемой аналитической работы в этой сфере. Для этого необходимо не только развитие методики исследования, но и формирование активно работающих по этому направлению коллективов. Примером может служить аналитическая работа российских экономистов и статистов 20-х годов прошлого века. В это время многими органами управления и статистики осуществлялись глубоко методические и содержательные исследования происходящих в экономике процессов.

Вторая составляющая – определение рационального состава средств обеспечения надежного топливоснабжения. Методические разработки в этом направлении будут представлены ниже. Материалы этой главы являются попыткой обобщения исследований, прежде всего автора, по вопросам надежности и маневренности топливоснабжения. Необходимо отметить, что в 70-х и 80-х годах прошлого века работы в этом направлении велись многими научными коллективами, в том числе в рамках Северо-западного отделения Научного совета АН СССР по Комплексным проблемам энергетики. Развитие и координация работ

по проблемам обеспечения надежности топливоснабжения активно осуществлялась под научным руководством Юрия Николаевича Руденко начиная с 70-х годов прошлого века в рамках организованного им Всесоюзного научного семинара «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики». К сожалению, начиная с 90-х годов прошлого века исследования по проблемам надежности топливоснабжения были свернуты. Можно надеяться, что представленные здесь материалы будут полезны для возрождения этих исследований.

В общей проблеме регулирования неравномерностей процессов топливоснабжения и потребления топлива целесообразно выделить три относительно самостоятельные части. Это обеспечение покрытия: 1) краткосрочных регулярных и случайных возмущений; 2) сезонных колебаний; 3) крупных возмущений.

Средства регулирования неравномерностей. Для регулирования внутригодовой неравномерности используются: 1) запасы топливно-энергетических ресурсов; 2) резервы мощностей в производстве и на транспорте; 3) маневрирование межрегиональным распределением; 4) взаимозаменяемость топливно-энергетических ресурсов.

Запасы топлива в настоящее время являются основным средством регулирования неравномерностей топливоснабжения. Они создаются на всех этапах технологической цепочки – в местах добычи и переработки топлива на транспорте, в подземных хранилищах газа и у потребителей. Запасы в местах производства и на транспорте предназначены в основном для регулирования технологических неравномерностей добычи, переработки и отгрузки топлива потребителям.

Основная масса (более 70 %) запасов котельно-печного топлива сосредоточена у потребителей и в подземных хранилищах газа. Эти запасы, за исключением государственного резерва, входят в эксплуатационные запасы. От них в решающей мере зависит устойчивость и надежность обеспечения топливом народного хозяйства.

В общем объеме эксплуатационных запасов топлива условно можно выделить три составляющие: сезонные, текущие (необходимые по технологическим условиям и предназначенные для регулирования краткосрочных возмущений) и страховые (предназначенные для регулирования крупных возмущений). В некоторых работах страховые запасы называются запасами многолетнего регулирования. До последнего времени функцию страховых запасов в некоторой мере выполнял государственный резерв. По нашему мнению, чтобы иметь четкое представление о подготовленности системы топливоснабжения к возможным возмущениям, необходимо располагать нормативами и доступными данными о фактическом уровне страховых запасов, что возможно в случае, если страховые запасы будут полностью рассматриваться в рамках эксплуатационных запасов. При этом может быть сохранен особый порядок использования государственного резерва.

К эксплуатационным запасам котельно-печного топлива относятся запасы энергетического угля на угольных складах, в основном на электростанциях или котельных, а также в местах добычи, сортировки и обогащения, на специальных складах при транспортных магистралях – на железнодорожных станциях и в портах. Сюда же относятся запасы топочного мазута на нефтеперерабатывающих заводах, в специальных хранилищах – обычно на электростанциях и котельных. И наконец – запасы природного газа в подземных газохранилищах. В связи с тем, что обеспечение потребности России в котельно-печном топливе осуществляется на 70 % за счет газа, проблема резервирования этого вида топлива особенно велика.

Большое значение имеет и создание запасов топочного мазута, поскольку он почти во всех процессах использования котельно-печного топлива является резервным. Топочный мазут может заменять уголь и природный газ для многих потребителей. В настоящее время на нефтеперерабатывающих заводах широко используются технологии глубокой переработки нефти, позволяющие увеличивать выпуск моторного топлива (бензин, дизельное топливо) за счет сокращения доли топочного мазута. Выпуск дополнительных объемов топочного мазута стал

практически равносильно сокращению почти на такой же объем моторного топлива, поэтому он имеет высокую цену (по сравнению с другими видами котельно-печного топлива), формируемую по ценам автомобильного бензина, дизельного топлива и флотского мазута.

В СССР в 1980-х годах на отопление и вентиляцию расходовалось примерно 20 % потребляемого котельно-печного топлива. В современной России эта доля выше – около 30 %. Вместе с тем и в настоящее время основная часть топлива используется на производственно-эксплуатационные, технологические нужды, в том числе в электроэнергетике, черной и цветной металлургии, химической промышленности. Надо отметить, что и расходы топлива на производственные нужды также существенно зависят от температуры наружного воздуха, от температур получаемого сырья, материалов и самого топлива.

Кроме колебаний температур действуют и другие случайные факторы, в том числе колебания уровней потребления и производства электроэнергии, аварий на крупных энергоисточниках и транспортных системах, возможные забастовки и т. д. Одна из составляющих проблемы регулирования отклонений потребности в топливе – компенсация колебаний приточности воды в водохранилища ГЭС.

Из-за снижения годового стока на ГЭС Волжско-Камского каскада в отдельные годы возможно сокращение выработки электроэнергии на 30 % и более от среднегодовой выработки. Гидроэлектростанции Иркутской области, Красноярского края и Хакасии вырабатывают более половины электроэнергии в Восточной Сибири. Доля ГЭС составляет около 40 % к объединенному общему производству электроэнергии в энергосистеме Сибири. В маловодные годы приток воды в водохранилища ГЭС Ангары и Енисея сокращается на 10 % и более. Имеет место вполне объяснимая высокая синхронность маловодных лет для этих рек. Покрытие дефицита электроэнергии требует увеличения ее выработки на топливных электростанциях – ТЭЦ и КЭС. Это, в свою очередь, приводит к росту потребления энергетических углей.

Резервы мощности при плановой советской экономике активно (специально) не использовались для решения задач регулирования отклонений в топливоснабжении. Содержание резервов мощностей в различных звеньях производства теперь признается многими экономистами в качестве необходимого условия для перехода народного хозяйства на эффективный путь развития.

Во внутригодовом маневрировании поставками топлива будем выделять две составляющие: оперативное на период в несколько суток и заблаговременное маневрирование. Первое из них предназначено для регулирования краткосрочных возмущений, для текущей корректировки складывающейся ситуации. Второе (сезонное и многолетнее регулирование) включает комплекс мероприятий по повышению подготовленности системы топливоснабжения к зимнему сезону, а также к возможным крупным отклонениям в потреблении и поставках топлива. Технологические возможности маневрирования предопределяются наличием резервов для транспорта топлива, взаимозаменяемостью отдельных видов топлива.

Далее будут представлены три направления исследования по проблемам надежности топливоснабжения. В следующем разделе обсуждается задача регулирования сезонных колебаний топливоснабжения. Ограничимся кратким описанием самой проблемы регулирования сезонных колебаний в производстве, транспорте и потреблении топлива. Рассмотрим только один аспект этой проблемы – выбор оптимального сочетания сезонных запасов и сезонных резервов мощностей в топливоснабжении. Для решения задач внутригодового сезонного регулирования процессов топливоснабжения, в том числе в производстве, транспорте, хранении котельно-печного топлива предложен ряд линейных оптимизационных математических моделей. Они достаточно стандартны, базируются на разделении года на два (зима–лето) или четыре (по кварталам) периода. Эти методические наработки мы рассматривать не будем. Основное внимание уделим математическим моделям, учитывающим действия случайных факторов.

В последующих подразделах излагается имитационная модель, разработанная для исследований надежности и эффективности регулирования многолетних колебаний расхода топлива на отопление. Будут представлены также результаты применения этой модели.

Модель базируется на использовании законов вероятности отклонения потребностей в топливе на отопление, определяемых исходя из анализа многолетних наблюдений температур воздуха (этому анализу был посвящен первый раздел монографии).

В заключение в виде «рекомендаций» будут изложены представления о рациональном составе средств обеспечения надежности снабжения котельно-печным топливом. Это адаптация к современным условиям результатов комплексных оценок рационального состава средств обеспечения надежности топливоснабжения, выполненных совместно с П.К. Аксютиним [69] в конце 1980-х годов.

3.2. Регулирование сезонных колебаний топливоснабжения

Сезонные колебания производства и потребления котельно-печного топлива имеют примерно одинаковый характер – подъем в зимнее полугодие (I, IV кварталы) и спад в летнее полугодие (II, III кварталы). Данные, характеризующие усредненное за ряд лет распределение по двум полугодиям в производстве отдельных видов котельно-печного топлива, приведены в табл. 3.1. Согласно этим данным, в летнее полугодие производится примерно 47 % котельно-печного топлива, в зимнее – 53 %.

Сезонные колебания потребления котельно-печного топлива значительно выше, чем сезонные колебания его производства (табл. 3.2), поэтому проблема регулирования сезонных колебаний процессов топливоснабжения часто называется проблемой регулирования сезонных колебаний потребления топлива.

Т а б л и ц а 3.1

Распределение производства котельно-печного топлива между зимним и летним периодами, в %

Вид топлива	Период	
	Зимний	Летний
Газ	51,5	48,5
Уголь	53,0	47,0
Топочный мазут	58,6	47,4
Остальные виды топлива	51,8	48,2

Т а б л и ц а 3.2

Соотношение зимнего и летнего периодов в производстве и потреблении топлива по отчетным данным

Вид топлива	Отношение I+IV кв. к II+III кв., %		Доля в покрытии неравномерностей потребления, %	
	Производство	Потребление	колебаний производства	изменений запасов
Уголь	112,7	131,2	45,2	54,8
Мазут	123,6	140,0	53,0	47,0
Газ	106,1	123,1	28,2	71,0
Всего котельно-печного топлива	111,5	139,1	29,4	70,6

В зимнее полугодие потребляется в среднем в 1,4 раза больше котельно-печного топлива, чем в летнее полугодие. Это обусловлено двумя факторами. Во-первых, сезонным увеличением потребностей на отопление, составляющими в настоящее время около 30 % от общего расхода котельно-печного топлива. Во-вторых, возрастанием активности производственной деятельности в отраслях-потребителях топлива в зимний период. Например, производство электроэнергии в зимний период возрастает на 15 % по сравнению с летним периодом. Следует ожидать, что и в перспективе также будет наблюдаться более высокий расход котельно-печного топлива в зимний период на производственные нужды.

Почти на треть сезонные колебания потребления топлива покрываются сезонными колебаниями производства топлива. Основная часть сезонных колебаний потребления топлива покрывается сезонными запасами. Сезонные запасы котельно-печного топлива, создаваемые к осеннему периоду, составляют примерно 11 % от среднегодовой потребности в котельно-печном топливе (табл. 3.3).

Распределение между зимним и летним периодами объемов производства и потребления котельно-печного топлива, %.

Показатель	Период	
	Зимний	Летний
Расход на технологические нужды	52	48
Расход на отопительно-вентиляционные нужды	92	8
Всего потребления	64	46
Производство	53	47
Разница	11	11

В обеспечении котельно-печным топливом потребителей России основная доля приходится на природный газ, и представляется правомочным рассмотреть вопрос о возможности замещения части сезонных запасов котельно-печного топлива на сезонно используемые мощности в добыче газа. В частности, эти мощности могут находиться в режиме сайклинг-процесса на газоконденсатных месторождениях [87, 88].

Поскольку капиталовложения на создание подземных газохранилищ с учетом затрат на «подушечный газ» близки к затратам на создание новых мощностей в газодобыче, то представляется целесообразным рассмотреть вопрос о возможном переводе отдельных месторождений (прежде всего Поволжья, Кавказа, Европейского севера) в режим сезонного регулирования. Особенно это актуально для месторождений, которые могут стать в перспективе подземными газохранилищами. Создание таких резервных мощностей потребует опережающего ввода новых мощностей по добыче и транспорту газа. То есть при оценке затрат на такой способ сезонного регулирования необходимо учитывать не все требуемые капиталовложения в дополнительные мощности, а только разницу в затратах (оцениваемую на основе коэффициента дисконтирования) из-за необходимости ускоренного ввода месторождений.

Результаты расчетов на имитационной динамической модели регулирования сезонных колебаний потребности в котельно-печном топливе для различных вариантов объемов сезонных резервов мощности приведены в табл. 3.4. В основу модели положено синусоидальное описание сезонных колебаний потребности в топливе на отопление, из-за чего с ростом величины

сезонных резервов сокращается средняя продолжительность их использования в течение года. Рассматриваемые в табл. 3.4 сезонные резервные мощности могут служить в качестве резервов в дополнительной подаче газа и других ситуациях, при регулировании крупных возмущений в топливоснабжении. Учтено только использование этих мощностей для покрытия сезонных колебаний потребления топлива.

Т а б л и ц а 3.4

Варианты использования резервов мощностей в добыче природного газа для покрытия сезонной потребности

Показатели	!	Варианты				
		1	5	10	15	20
Резерв мощности (в % к годовой потребности)	0	1	5	10	15	20
Средняя продолжительность использования резерва (в % к году)	0	50	48	45	42	36
Объем добычи на резервных мощностях (в % к годовой потребности)	0	0,5	2,4	4,5	6,3	7,2
Требуемые сезонные запасы (в % к годовой потребности)	11	10,5	8,6	6,5	4,7	3,8
Требуемый опережающий прирост мощностей в топливодобыче (в % в годовой потребности)	0	0,5	2,6	5,5	8,7	13,8
Оценка изменений затрат на сезонное регулирование (в %)	100	97	89	80	79	96

В последней строке табл. 3.4 приведены оценки суммарных затрат на резервирование топлива, основанные на предположении, что затраты из-за ускоренного ввода мощностей составляют примерно 50 % от затрат на создание и содержание подземных хранилищ газа (ПХГ). Это соответствует предположению ускорения ввода в газодобычу примерно на 3–5 лет. Как видно из этих данных, наиболее рациональным является сочетание сезонных резервов мощности (в объеме 30–50 %) и сезонных запасов в объеме 50–70 % от величины сезонных запасов в случае отсутствия сезонных резервов.

Внутригодовая динамика производства и потребления котельно-печного топлива и связанная с ними динамика формирования и использования эксплуатационных запасов топлива представлена на рис. 3.1. Максимальный объем эксплуатационных запасов топлива достигается примерно к 1 октября. Минималь-

ный уровень запасов в среднем по стране достигается в весенний период, примерно 1 апреля. Если нет сезонных резервов мощности, то моментом времени начала использования сезонных запасов является день, когда сезонно возросшие потребления стали превышать объемы производства.

Введение сезонных резервов мощностей по производству топлива означает, что момент времени, с которого начинается использование сезонных запасов, сдвигается на более поздний период.

Часть времени сезонное превышение потребления над производством покрывается за счет дополнительного производства на сезонных резервных мощностях. С ростом резерва мощности сокращается объем требуемых сезонных запасов. При этом уменьшается и средняя продолжительность использования сезонных резервов мощности.

Сезонные резервы, могут также отчасти служить в качестве резервов мощности для регулирования многолетних колебаний топливоснабжения. На рис. 3.1 кроме сезонных выделены также страховые запасы топлива. Фактически их можно считать равными эксплуатационным запасам на весенний период времени, когда исчерпываются сезонные запасы на зиму.

Уровень страховых запасов меняется по годам. В те периоды, когда этот уровень становится чрезмерно низок, требуется его повышение за счет использования в летний период резервов мощностей на производство котельно-печного топлива.

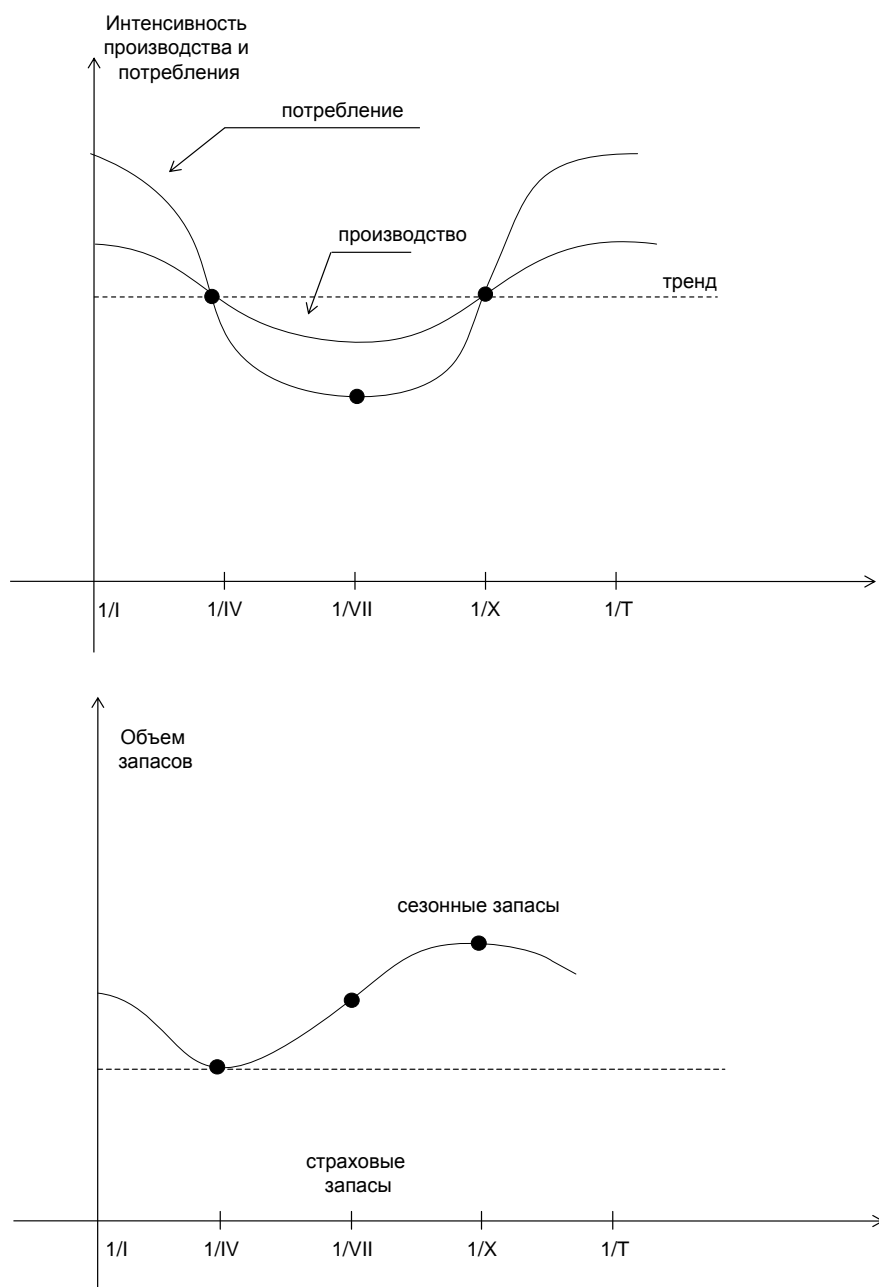


Рис. 3.1. Сезонные колебания производства, потребления и запасов котельно-печного топлива.

3.3. Имитационная модель процессов регулирования многолетних колебаний топливоснабжения

Возможность эффективного регулирования процессов топливоснабжения зависит не только от располагаемых средств обеспечения надежности топливоснабжения – эксплуатационных запасов топлива и резервов мощности, добычи и транспортировки топлива. Важной составляющей в обеспечении эффективного

регулирования колебаний топливоснабжения является и сам **механизм этого регулирования**.

Определение рационального состава средств резервирования (включая механизм управления резервами и запасами) является важной задачей, при решении которой могут использоваться модели, имитирующие внутригодовое функционирование системы топливоснабжения. При этом функционирование системы топливоснабжения может рассматриваться очень упрощенно, с минимальным составом показателей, обеспечивающих лишь получение оценок последствий от различных возмущений при заданном составе средств резервирования.

Производя многократные расчеты на модели функционирования при различных случайно формируемых ситуациях можно оценивать эффективность данного состава средств резервирования. Это, в свою очередь, может служить для определения оптимального состава средств резервирования, при котором достигается минимум сумм из двух составляющих – затрат на резервирование и ущербов народного хозяйства в случаях нехватки этих резервов. Поскольку речь идет о случайных событиях, то более точно будет говорить о минимизации суммы математического ожидания приведенных затрат на резервирование и математического ожидания ущербов от дефицита топлива.

Исходные положения и принятые допущения в модели. Приведем характеристики основных предположений и допущений, принятых в рассматриваемой нами имитационной модели регулирования процессов топливоснабжения. Данная модель была названа «Спринт» (далее будем использовать это название).

1. Единицей времени в модели служит период в один год от начала (или конца) отопительного периода до начала (или конца) следующего отопительного периода. Модель наиболее адекватно отражала бы процесс годового планирования, если бы хозяйственный год, как это предполагалось в [106, 107] начинали 1 апреля или 1 октября. Эти даты во многих отношениях более предпочтительны, чем действующее ныне в России начало хозяйственного и финансового года с 1 января.

2. В данной модели рассматриваются только запасы топлива многолетнего регулирования – условно выделяемая часть из общего объема запасов, не включающая сезонные и текущие страховые запасы.

3. В модели рассматривается условно выделенная часть системы топливоснабжения, обеспечивающая только потребности в топливе на отопительные нужды. Потребность в топливе задается как случайная величина, функция вероятности которой оценивается по данным многолетних наблюдений температур.

Все показатели модели задаются в относительных величинах – в долевом выражении к математическому ожиданию потребности, принимаемому за единицу. Описание параметров в относительных единицах позволяет абстрагироваться от таких моментов, как изменения потребности от года к году вследствие изменения жилищного фонда, объемов производства в разных секторах экономики, а также от структурных изменений в потреблении разных видов топлива.

Следует отметить, что потребность в топливе на отопление испытывает влияние и других случайных факторов. К ним можно отнести погрешности в оценках средней ожидаемой величины потребности в топливе на отопление. Поэтому результаты расчетов по модели «Спринт» могут считаться несколько занижающими роль случайного фактора в потребностях в топливе на отопление.

4. При описании процессов поставок топлива в модели «Спринт» выделяются следующие категории: 1) уровень планируемых поставок; 2) выделяемые ресурсы; 3) фактические поставки; 4) суммарные поставки; 5) располагаемые ресурсы топлива.

Уровень планируемых поставок соответствует объему поставок по заключенным договорам. В качестве исходного для анализа будем рассматривать уровень планируемых поставок равным математическому ожиданию потребности.

Из-за возможной погрешности в оценке математического ожидания (расчетного уровня) потребности и в силу других причин фактические поставки топлива могут отклоняться от величины средней ожидаемой потребности. Выделяемые резервы равны планируемым поставкам, скорректированные на этого типа

отклонения. Это могут быть отклонения в объемах добычи, переработки, возможностей транспортировки топлива.

Если выделенные ресурсы превышают потребности, и оставшийся излишек не может быть размещен в располагаемых хранилищах топлива, то будем считать, что такое превышение образует неиспользуемый «излишек» топлива. Его будем называть **избытком топлива**. В модели эта величина соответствует разнице между выделенными ресурсами и фактическими поставками. То есть **фактические поставки** могут быть меньше выделенных ресурсов на величину избытков, когда они возникают.

В модели «Спринт» рассматривается активная политика в формировании запасов топлива многолетнего регулирования. При снижении фактических страховых запасов ниже норматива предусматривается **возможность дополнительных поставок топлива из специальных резервных мощностей**. Эти дополнительные поставки входят **в суммарные поставки** как дополнение к «фактическим» поставкам.

После прошедшей зимы могут сохраниться некоторые запасы топлива. Эти оставшиеся запасы (с учетом потерь при хранении) добавляются к суммарным поставкам. Полученная величина соответствует **располагаемым** на начало отопительного периода **ресурсам топлива**.

Ранее нами было показано [45, 50, 68], что повышению надежности топливоснабжения способствует особого механизма нормирования уровня запасов в хранилищах – установление нормативного уровня запасов топлива (S_H), до которого по возможности должно производиться их накопление, в том числе за счет использования резервных мощностей в добыче топлива. Наряду с повышением надежности топливоснабжения, норматив должен обеспечивать и рациональное использование имеющихся объемов хранилищ, в частности, возможность накопления топлива в зимы, более теплые по сравнению со среднестатистической. Запасы топлива используются для покрытия потребности, превосходящей объем плановых поставок, они могут накапливаться до объема имеющихся хранилищ (V) в годы, когда потребность оказывается меньше расчетного

уровня. Резервные мощности (R) используются для обеспечения покрытия потребности, если для этого недостаточно плановых поставок и располагаемых запасов топлива, а также для восполнения запасов до нормального уровня.

5. Вероятности отклонения потребности в топливе для рассматриваемых районов оценивается по известной функции распределения ее отклонений от среднесноголетнего уровня, построенной на основе статистического анализа многолетних наблюдений за температурой воздуха в данном районе. Все объемные показатели в модели задаются в % к средней ожидаемой величине потребности, принятой за 100 %.

Модель «Спринт». Расчеты многократно имитируют функционирование системы топливоснабжения в течение одного отопительного периода. Одна итерация расчетов включает следующую последовательность действий:

1) определение объема располагаемого страхового запаса топлива на начало отопительного периода (перешедшего с прошлого отопительного периода с учетом потерь при хранении);

2) генерацию случайной величины потребности в топливе на отопление по заданному закону вероятности;

3) формирование величины фактических поставок топлива на данный отопительный период, возможности возникновения и величину избытка топлива;

4) определение необходимости и объема использования запасов топлива;

5) определение необходимости и объема использования резерва мощности;

6) оценку сложившейся ситуации:

– ситуация считается «дефицитной», если для покрытия потребности не хватило ресурсов топлива с учетом располагаемых запасов и возможности выработки на резервных мощностях;

– ситуация считается «избыточной», если для покрытия потребности использован не весь объем запланированного поставляемого топлива, а его остаток не может быть полностью размещен в свободном объеме хранилищ.

7) определение величины страховых запасов топлива на конец отопительного периода.

Отметим, что в данной модели **страховые запасы топлива на конец отопительного периода служат в качестве объемов страховых запасов на начало следующего имитируемого в модели отопительного периода** (с учетом потерь при хранении). То есть эта **модель воспроизводит стационарный марковский случайный процесс**.

По завершении цикла расчетов для фиксированного набора входных параметров (R , V , S_H) определяются затраты и достигаемый эффект от резервирования, который может характеризоваться показателями:

- вероятности и математического ожидания дефицита топлива;
- вероятности и математического ожидания избытка топлива;
- частоты и математического ожидания использования резерва;
- объема фактических поставок и средней величины запаса (среднего объема наполнения хранилищ) и др.

Критерии эффективности. Эффективность резервирования может оцениваться с различных позиций – в зависимости от целей и желаемого результата резервирования. В соответствии с этим выбираются и критерии эффективности.

1. Если считать основной целью резервирования обеспечение заданного уровня надежности топливоснабжения, то в качестве критерия может быть использован минимум приведенных затрат на создание и эксплуатацию средств резервирования, обеспечивающих заданное значение показателей надежности, к которым относятся вероятность дефицита, математическое ожидание дефицита.

При таком подходе возникает проблема задания требований по надежности. Какие показатели следует учитывать в этих требованиях? Как выбрать нормативное (желаемое) значение этих показателей? Различные показатели надежности обладают своими недостатками. Например, при использовании показателей вероятности и математического ожидания дефицита не учитывается глубина возможного дефицита топлива.

2. В качестве критерия может использоваться минимум суммарных затрат на резервирование и математического ожидания ущерба от дефицита топлива

$$Z_p + U_D \cdot D \rightarrow \min, \quad (3.1)$$

где U_D – удельный ущерб от дефицита топлива, (руб./т у. т.), D – математическое ожидание дефицита топлива (т у. т.).

В данном случае возникает проблема оценки величины удельного ущерба от дефицита. Оцененная различными способами она, очевидно, может варьироваться в широких пределах.

3. Избыток топлива, в зависимости от объемов дефицита, который нельзя разместить в хранилищах, также следует считать негативным явлением. Поэтому в расчетах целесообразно ввести штрафующие коэффициенты за их образование, что может интерпретироваться как плата за отказ от поставляемого топлива. В этом случае критерий эффективности будет иметь вид

$$Z_p + U_D D + U_{II} II \rightarrow \min_{(R, V, S_H)}, \quad (3.2)$$

где U_{II} – потери из-за образования избытка топлива (руб./ т у. т.), II – математическое ожидание величины избытка (т у. т.).

3.4. Состав средств обеспечения надежности топливоснабжения на случай холодных зим: результаты расчетов по модели «Спринт»

Результаты расчетов по модели «Спринт» по определению оптимального состава средств обеспечения надежности топливоснабжения на случай холодных зим приведены в табл. 3.5, 3.6.

Расчеты проводились для восьми регионов страны, включающих от одного до пяти экономических районов, а именно:

- 1) Европейского Севера (Северный, Северо-Западный, Прибалтийский, Центральный, Белорусский экономические районы);
- 2) Волго-Уральского (Уральский, Волго-Вятский, Поволжский, Центрально-Черноземный экономические районы);

- 3) Украины (Донецко-Приднепровский, Юго-Западный, Южный экономические районы);
- 4) Кавказа (Северо-Кавказский, Закавказский экономические районы);
- 5) Зауралья (Западно-Сибирский, Казахстанский экономические районы)
- 6) Восточной Сибири;
- 7) Дальнего Востока;
- 8) Средней Азии.

В качестве показателя эффективности использован критерий (3.2). Расчеты проводились в предположении, что:

- плановый объем поставок равен среднесрочному объему потребности;
- поставки осуществляются без отклонений от плановых объемов.

Рассмотрены два варианта расчетов оптимального состава средств резервирования. В первом случае (см. табл. 3.5) удельные ущербы от дефицита принимали вид примерно в 7 раз превышающие затраты на производство и транспорт топлива. Во втором случае (см. табл. 3.6) удельные ущербы от дефицита принимали вид примерно в 20 раз больше, чем затраты на поставку (цена в нормальных условиях) топлива. Удельные потери от избытка топлива принимались в обоих случаях равными 60 % от стоимости топлива (предполагается, что часть затрат на закупку оказавшегося ненужным топлива можно оперативно компенсировать).

Таким образом, в большинстве районов оптимальный объем резервных мощностей составляет 2–5 %, а объем необходимых хранилищ – 12–17 % от среднегодового потребления. При этом норматив на запасы варьируется в диапазоне 65–85 % от объемов хранилища топлива (см. табл. 3.5).

При увеличении расчетных удельных ущербов (в 3 раза) происходит относительно небольшое увеличение оптимальных средств резервирования – в основном в 1,5–1,7 раза (см. табл. 3.6). При этом норматив на запасы (относительно емкости хранилища) либо остается на том же уровне, либо немного снижается.

Это свидетельствует об относительной устойчивости оптимального состава средств резервирования к варьированию показателя удельных ущербов.

Т а б л и ц а 3.5

Рациональные объемы средств резервирования топливоснабжения и значения показателей надежности по регионам страны (вариант с пониженными удельными ущербами от дефицита)

Показатель	Регион								Страна в целом
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Величина резерва топливопроводности, %	4,0	3,5	5,0	5,0	2,5	1,5	1,5	6,5	3,0
Объем хранилищ топлива, %	13,0	12,0	19,0	18,0	8,5	7,0	6,0	17,0	12,0
Норматив на запасы топлива, %	10,0	10,0	14,0	12,5	7,0	6,5	5,0	14,5	8,0
Вероятность использования резерва	0,49	0,52	0,45	0,48	0,54	0,61	0,57	0,56	0,43
Математическое ожидание величины использования резерва, %	38,1	43,5	35,6	38,2	44,8	53,7	48,5	44,9	34,7
Вероятность дефицита топлива	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
Вероятность избытка топлива	0,33	0,38	0,36	0,33	0,35	0,35	0,31	0,37	0,31

Т а б л и ц а 3.6

Рациональные объемы средств резервирования топлива (вариант с повышенными удельными ущербами от дефицита)

Показатель	Регион								Страна в целом
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Величина резерва топливопроводности, %	6,0	6,5	8,5	9,5	4,0	2,5	2,0	9,5	5,5
Объем хранилищ топлива, %	19,5	13,5	25,5	18,5	16,0	12,0	8,0	17,5	14,0
Норматив на запасы топлива, %	14,5	11,5	20,5	15,5	16,0	12,0	6,5	16,0	10,5
Вероятность использования резерва	0,40	0,45	0,39	0,40	0,57	0,59	0,50	0,53	0,41
Математическое ожидание величины использования резерва, %	27,6	30,0	26,4	30,0	42,9	48,3	38,7	37,5	25,8
Вероятность дефицита топлива	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Вероятность избытка топлива	0,33	0,42	0,39	0,41	0,43	0,41	0,31	0,41	0,36

Приведенные данные показывают, что оптимальная надежность топливоснабжения достигается при вероятности дефицита топлива примерно 0,01–0,06. Вероятность избытка топлива варьируется в диапазоне 0,31–0,43.

Оптимальная величина резервов мощностей варьируется в диапазоне от 1,5 % до 9,5 % от средней ожидаемой потребности в топливе на отопление. Для страны в целом (учитывая асинхронность отклонений по регионам) оптимальная величина резерва мощности оценивается в 5,5 % от средней ожидаемой потребности.

Оптимальный объем хранилищ топлива по отдельным регионам варьируется в довольно широком диапазоне – от 8 % до 25,5 % от средней ожидаемой потребности. Для страны в целом эта величина составляет 14 %.

Естественно, что полученные оценки зависят не только от данных вероятности различных отклонений потребностей в топливе по разным регионам, но и от используемых экономических показателей, от их соотношений.

Используемые в расчетах величины удельных ущербов оценена с учетом того, что дефицит котельно-печного топлива ведет к ограничениям в производстве и потреблении электроэнергии, как это было, например, в зимы 1984/85 и 1986/87 гг.

Отметим, что использовавшаяся в расчетах минимальная оценка удельных ущербов от дефицита топлива (см. табл. 3.5) совпала с усредненными ущербами от дефицита топлива, полученными от предприятий, в которых вводились ограничения в зиму 1986/87 г. Данные об удельных ущербах от ограничения в поставках топлива и электроэнергии предоставлялись в НТЦ СМ СССР. Причем предприятия сами выбирали способ оценки своих ущербов. В результате обработки данных, полученных от нескольких сотен предприятий, к нашему удивлению средние удельные ущербы оказались близкими к используемым в этот период максимальным нормативными удельными ущербами электроэнергии (оценка удельного ущерба электроэнергии в этот период изменилась с 40 коп./кВт·час до 60 коп./кВт·час в ценах на то время). При этом имел место

большой разброс удельных ущербов по отраслям экономики, регионам, а, особенно, по отдельным предприятиям.

Обобщенные характеристики полученных на базе модели «Спринт» оценках рационального состава средств обеспечения надежности для страны в целом представлены в табл. 3.7. Конечно, к этим данным следует относиться как к некоторым ориентирам. Необходима более детальная проработка рациональных значений средств обеспечения надежности с учетом их территориального распределения, а также с учетом средств регулирования сезонных колебаний и других возмущающих воздействий в системе топливоснабжения.

Т а б л и ц а 3.7

Рациональный состав средств регулирования многолетних колебаний расхода топлива на отоплении по СССР при двух вариантах оценок удельных ущербов от дефицита

Показатель	Удельный ущерб	
	пониженный	повышенный
Размеры средств регулирования в % от среднего расхода топлива на отопление:		
– объем хранилищ страховых запасов	12,0	14,0
– норматив страховых запасов	8,0	10,5
– резерв мощности топливодобычи	3,0	5,5
Вероятность дефицита топлива	0,06	0,01

3.5. Нормирование запасов как способ активного регулирования топливоснабжения

Под нормативами на запасы топлива понимается фиксированная величина, гарантирующая тот или иной уровень надежности. Каким образом будет достигнут такой уровень запасов, чем компенсировать сокращение запасов, скажем, после холодной зимы?

Обычно выбор нормативов на запасы связывают с построением, так называемых кривых обеспеченности – зависимости между располагаемыми резервами и запасами топлива и достигаемой вероятности бездефицитных ситуаций. Для примера в табл. 3.8 приведены данные для построения такой зависимости применительно к проблеме покрытия возможного возрастания потребности в топливе на отопление в центральных районах России.

По данным метеонаблюдений, среднеголетняя температура наружного воздуха за отопительный период на хозяйственно обжитой территории СССР составила -2°C . При средней температуре внутри отапливаемых помещений жилых, общественных и производственных зданий $+18^{\circ}\text{C}$, снижение наружной температуры воздуха за отопительный период на 1°C увеличивает расход котельно-печного топлива на отопительно-вентиляционные нужды против среднеголетнего уровня на 5 %, среднеквадратичное отклонение фактических температур от среднеголетних (δ) в холодный период года оценивается величиной $1,2^{\circ}\text{C}$. Рассчитанные на основании указанных данных (при нормальном распределении) вероятности более холодных, чем средняя многолетняя, зим и оценки дополнительной потребности в котельно-печном топливе приведены в табл. 3.8.

На основе этих данных можно оценить, какие примерно ресурсы топлива на данный год и резервы мощности достаточны для обеспечения заданной надежности топливоснабжения, но при этом возникают проблемы определения оптимальной надежности и обеспечения эффективного взаимодействия резервов мощностей в производстве топлива и запасов.

Т а б л и ц а 3.8

Оценка требуемых дополнительных ресурсов топлива для обеспечения различных уровней вероятности покрытия дополнительной потребности при холодных зимах

Отклонение среднезимней температуры от среднеголетних значений, $^{\circ}\text{C}$	Расчетная среднезимняя температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Вероятность, что фактическая среднезимняя температура будет не ниже расчетной, %	Дополнительный расход КПТ на отопительно-вентиляционные нужды против среднеголетних условий, %
0	-2	50	-
0,3	-2,3	60	+1,5
0,62	-2,62	70	+3,1
0,8	-2,8	75	+4,0
1,0	-3,0	80	+5,0
1,25	-3,25	85	+6,2
1,5	-3,5	90	+7,8
2,0	-4,0	95	+10
2,4	-4,4	98	+12
2,8	-4,8	99	+14

Предлагаемые и рассматриваемые в модели «Спринт» нормативы на запасы рассматриваются вместе с механизмом их действия. Этот механизм включает действия по пополнению запасов в случае, если их объем стал ниже нормативов. При этом возможно и сокращение запасов, если их уровень превысил норматив. В качестве источника пополнения должны служить резервы мощностей по добыче топлива.

Объем хранилищ и величину среднесуточных запасов, необходимых для обеспечения высокого уровня надежности, можно существенно сократить за счет более полного использования имеющихся возможностей хранилищ, более активного формирования запасов путем введения активно используемых нормативов на них. Под этим понимается стремление к поддержанию запасов на заданном нормативном уровне за счет увеличения или уменьшения объема поставок. Если запасы на конец отопительного периода становятся ниже норматива, то должны предусматриваться возможности дополнительных поставок для восполнения запасов до норматива.

Нормирование запасов позволяет существенно повысить надежность топливоснабжения при меньших объемах складов. Например, в этом случае 90 %-й уровень обеспеченности достигается при объеме складов, составляющем 10 % от величины среднегодовой потребности. Следует отметить, что при нормировании запасов средняя за ряд лет величина поставок близка к математическому ожиданию потребности. При этом имеющиеся емкости складов используются более полно. Причем для одного и того же уровня среднесуточных запасов при их нормировании достигается более высокая надежность топливоснабжения, чем при отсутствии нормативов. Нормирование страховых запасов может использоваться также для компенсации погрешностей в определении расчетного среднего ожидаемого уровня потребностей.

Как отмечалось в первом главе, у функции плотности вероятности отклонений потребности в топливе на отопление, построенной по данным метеорологических наблюдений, имеется асимметрия. Модальное значение потребности (т. е. наиболее часто встречающееся, где функция плотности вероятности имеет

максимум) примерно на 2 % может быть меньше математического ожидания. Поэтому использование наиболее вероятного значения потребности в качестве расчетного уровня будет означать, что планируемые поставки составят 98 % от математического ожидания потребности. Следует отметить, что прямой расчет потребности в топливе на отопление для конкретных потребителей с высокой точностью затруднен. Поэтому в практике планирования широко используется анализ данных отчетных периодов. Это может приводить к отклонениям в оценках в силу особенностей предыдущих лет.

Задание расчетного уровня потребности ниже средней ожидаемой ее величины может производиться и специально в целях стимулирования топливосбережения. Такая политика не будет приводить к увеличению вероятности и математического ожидания дефицита, если ее компенсировать соответствующими изменениями нормативов на страховые запасы (табл. 3.9). При этом будет возрастать значение плановых резервов и резервов мощностей. Согласно данным табл. 3.9, такая политика в текущем планировании топливоснабжения должна сопровождаться снижением вероятности появления избытков топлива, что также является положительным моментом.

Т а б л и ц а 3.9

Использование нормирования запасов для компенсации погрешностей в определении расчетного уровня потребления

Показатель	Расчетный уровень потребности, %				
	96	98	100	102	104
	Объем складов, %				
	14	12	10	8	6
Вероятность:					
– дефицита	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
– избытка	0,12	0,19	0,32	0,57	0,71
Математическое ожидание в % от годового потребления					
– дефицита	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
– избытка	0,30	0,68	1,30	2,45	4,05

3.6. Регулирование краткосрочных колебаний поставок и потребления ТЭР (оперативное маневрирование)

Подготовленность системы топливоснабжения к регулированию кратковременных случайных и регулярных (суточных, недельных) колебаний зависит от уровня и распределения текущих эксплуатационных запасов топлива, равных разнице между суммарными эксплуатационными запасами и расчетным уровнем сезонных запасов на данный момент времени.

В весенний период (апрель–май), когда исчерпываются сезонные запасы топлива, оставшееся топливо составляет только текущие страховые запасы и запасы топлива многолетнего регулирования.

Ориентировочно технологически минимально необходимую величину текущих запасов можно принять равной пяти–семи дням топливопотребления в зависимости от условий топливоснабжения. Поскольку объективно неизбежны диспропорции в распределении этих запасов между районами страны, предприятиями и по видам топлива, то нормативное значение средних уровней текущих запасов в стране в целом может быть выше указанной минимальной оценки. Конечно, уровень текущих страховых запасов должен зависеть от места расположения потребителей топлива. Для удаленных районов с затрудненными поставками топлива такой норматив должен быть выше.

Многолетний опыт показывает, что обеспеченность эксплуатационными запасами народного хозяйства на 1 апреля в количестве 10–12 дней является достаточным. При этом важно учитывать степень неравномерности распределения запасов. В существовавшей до начала 1990-х годов плановой экономике в весенний период нередко значительная часть крупных предприятий (до 15–20 %) имела в некоторые дни критический на трое и менее суток уровень запасов. При этом примерно такое же количество предприятий имело запасы на 20–30 сут., что намного выше уровня запасов, необходимых для напряженного в топливоснабжении весеннего периода. Проблема неравномерности распределе-

ния располагаемых запасов еще более обостряется в условиях рыночной экономики.

Для обеспечения оперативной надежности топливоснабжения необходимо создание и использование механизма, отслеживающего складывающийся уровень текущих запасов топлива у отдельных предприятий и перераспределяющего поставки при отклонениях запасов от нормативов. Возрастание удельного веса газа в топливном балансе страны облегчает решение этой задачи, так как газотранспортная система может эффективно в короткие сроки осуществлять такое маневрирование.

3.7. Рекомендации

Выполненные исследования проблемы обеспечения надежности снабжения котельно-печного топлива позволяет сформулировать следующие общие рекомендации.

1. Для регулярного контроля за наличием текущих эксплуатационных запасов котельно-печного топлива в народном хозяйстве и ходом накопления сезонных запасов к началу отопительного периода в качестве норматива можно принять их в следующих размерах (дней среднесуточного расхода): на 1 января – 30, на 1 апреля – 12, на 1 июля – 26, на 1 октября – 45.

2. Целесообразно проводить регулярные уточняющие расчеты нормативов эксплуатационных запасов один раз в пятилетие. В случае широкого использования резервов мощностей в производстве топлива для регулирования внутригодовых неравномерностей топливопотребления указанные выше оценки эксплуатационных запасов топлива в соответствии с величиной этих резервов могут быть уменьшены. Следует отметить, что замещение резервами запасов имеет нелинейный характер.

3. Для компенсации возможных погрешностей в оценках средней ожидаемой потребности в топливе следует увеличивать нормативные значения резервов и запасов топлива.

4. Для обеспечения нормального топливоснабжения народного хозяйства на случай холодных зим необходимо иметь запасы котельно-печного топлива около 8–10 % от потребности в топливе на отопление. Эти дополнительные запасы могут храниться в виде государственных резервов (тогда при определении их величины и режима использования должна быть учтена страховая функция этих резервов) либо в рамках эксплуатационных запасов топлива. В последнем случае нормативы на эксплуатационные запасы, приведенные выше, должны быть увеличены примерно на 7–8 сут. Если учесть возможность проявления других крупных возмущений в функционировании систем топливоснабжения, то указанный уровень страховых запасов может быть увеличен.

5. Для того чтобы иметь возможность регулирования уровня запасов, в том числе восполнять их после холодных зим, необходимо располагать резервами мощностей по производству топлива в объеме 3–5 % от среднегодовой потребности в котельно-печном топливе. Необходима разработка и внедрение в практику специальных механизмов анализа складывающихся ситуаций в надежности топливообеспечения, механизмов формирования и использования резервов и запасов в системе топливоснабжения, чтобы постоянно иметь высокий уровень готовности к возможным негативным воздействиям.

В этой работе представлены в основном разработки математических моделей и содержательных исследований по проблеме надежности энергоснабжения, проводившиеся мною вместе с упоминавшими во введении сотрудниками в 1970-х и 1980-х годах на материалах и применительно к условиям тех лет. Конечно, представленные здесь методические наработки и приведенные рекомендации нуждаются в более детальной проработке с учетом сложившихся к настоящему времени новых условий функционирования современной экономики России, происходящих изменений в организации систем энергоснабжения. Необходимо также более углубленное развитие исследований роли

метеорологических факторов, их вариаций и тенденций изменения, в экономике и энергетике на новой информационной базе и на более развитой методической основе с учетом обсуждавшихся в данной книге методических проблем.

ПРИЛОЖЕНИЕ I.

КЛИМАТ И ЭКОНОМИКА: РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА СТРАН СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ

В данном приложении представлены исследования климатических особенностей стран северного полушария. Исследуются статистические взаимосвязи метеорологических показателей и их связь с продолжительностью расчетных отопительных периодов, среднедушевым энергопотреблением в разных странах, 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.

П.1.1. Цель исследования

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

Астольф де Кюстин

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. Что полезно было бы делать в сложившейся ситуации.

В этом приложении в качестве эпиграфов использованы высказывания о России известного французского путешественника маркиза Астольфа Луи Леонор де Кюстин из его книги «Россия в 1839 году» [87]. 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 у представителей 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 1920-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 была хорошо известна руководству страны, и уже поэтому все «открытия» последних десятилетий о помощи СССР фашисткой Германии, выраженные, в частности, в названии книги «Фашистский меч ковался в СССР» [88], явно ошибочные – этого быть не могло хотя бы из стремления к самосохранению. Надо сказать, что и приводимые в работе [88] документы скорее характеризуют стремление советского правительства к использованию научно-технического потенциала Германии для развития экономики и вооружения СССР. Наша страна имела большое научно-техническое отставание от потенциальных противников.

В чем мы другие? Одно из возможных объяснений дано в книге А.П. Паршева «Почему Россия не Америка» [89]. Россия расположена на территории с суровыми климатическими условиями, поэтому в ней объективно необходимы иной уклад жизни, иные формы организации экономики, чем в западноевропейских странах. Наша цель состоит в попытке (не претендующей на полноту) рассмотреть различия климатических условий в разных странах и их взаимосвязь с развитием экономики. Насколько существен этот фактор?

П.1.2. 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.

Эти 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. Данные о среднегодовых температурах в столицах отдельных стран и плотность населения этих стран приведены в табл. П.1.1.

Эти данные по плотности населения были взяты из географического веб-справочника «О странах», раздел «Плотность населения стран мира» [90] по состоянию на июль 2009 г. Используются посуточные температуры атмосферного воздуха за 1900–2014 гг., предоставленные электронным ресурсом метеоклиматического и гидрологического мониторинга «Температурные данные» [91].

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

Т а б л и ц а П.1.1

Среднегодовые температуры в столицах и плотность населения некоторых стран

Страна	Среднегодовые температуры	Плотность населения, чел./км ²
Монголия	-2,4	
Казахстан		
Финляндия		
РФ		
Белоруссия		
Канада		
Украина		
Великобритания		
Германия		
Италия		
Франция		
Китай		
США		
Япония		

Из данных этой таблицы видно, что повышение среднегодовой температуры сопровождается, как правило, ростом плотности населения. Имеющиеся исключения объясняются другими, дополнительными факторами, в том числе степенью «континентальности» страны, а также тем, что среднегодовые температуры столицы отличаются от климатических условий всего государства. Указанную выше связь наглядно иллюстрирует рис. П.1.1, на котором графически представлена полученная положительная регрессионная зависимость плотности населения от среднегодовых температур.

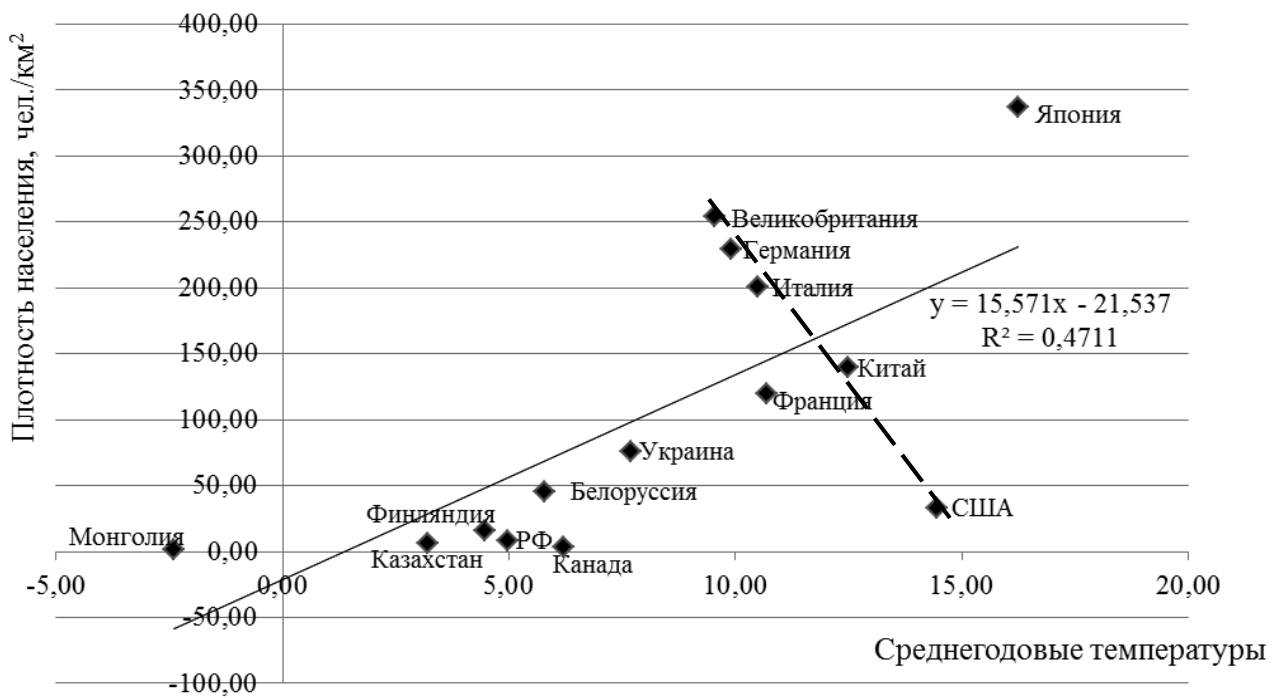


Рис. П.1.1. Распределение стран по плотности населения (чел./км²) и среднегодовым температурам в столицах (t °С).

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. П.1.1 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.

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 отра-

жает, 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.

П.1.3. Климатические показатели

«Страсть блистать обуревают русских. Поэтому в их гостиных цветы расставляют не так, чтобы 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. П.1.2, все три показателя по разным странам тесно связаны с показателем среднегодовой температуры. Эти взаимосвязи наглядно представлены на рис. П.1.2 и П.1.3.

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 °С среднегодовой температуры соответствует понижению температуры января на 1,6 °С, то понижение температуры июля, согласно полученным регрессионным зависимостям, равно всего 0,5 °С (см. рис. П.1.2). В итоге при переходе от стран с холодным к более теплomu климату диапазон сезонных колебаний температур (разница между средней температурой июля и января) сокращается (см. рис. П.1.3). Причем диапазон сезонных колебаний температур сокращается примерно на 1 °С

при увеличении среднегодовой температуры на 1 °С, как это и можно было ожидать из данных рис. П.1.2.

Т а б л и ц а П.1.2

Основные температурные показатели по странам

Страна	Город	Средняя температура		Среднегодовые температуры	Диапазон сезонных колебаний температуры
		января	июля		
Монголия	Улан-Батор	-24,6		-2,4	
Казахстан	Астана	-14,2			
Финляндия	Хельсинки	-6,8			
РФ	Москва	-9,3			
Белоруссия	Минск	-6,8			
Канада	Оттава	-10,4			
Украина	Киев	-5,5			
Великобритания	Лондон				
Германия	Берлин				
Италия	Рим				
Франция	Париж				
Китай	Пекин	-3,1			
США	Вашингтон				
Япония	Токио				

На рис. П.1.2а наглядно показана положительная корреляционная зависимость между средней температурой января и средней годовой температурой, на рис. П.1.2,б – между средней температурой июля и средней годовой температурой. Коэффициент детерминации в первом случае равен 82,18 %, во втором он существенно меньше – 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.

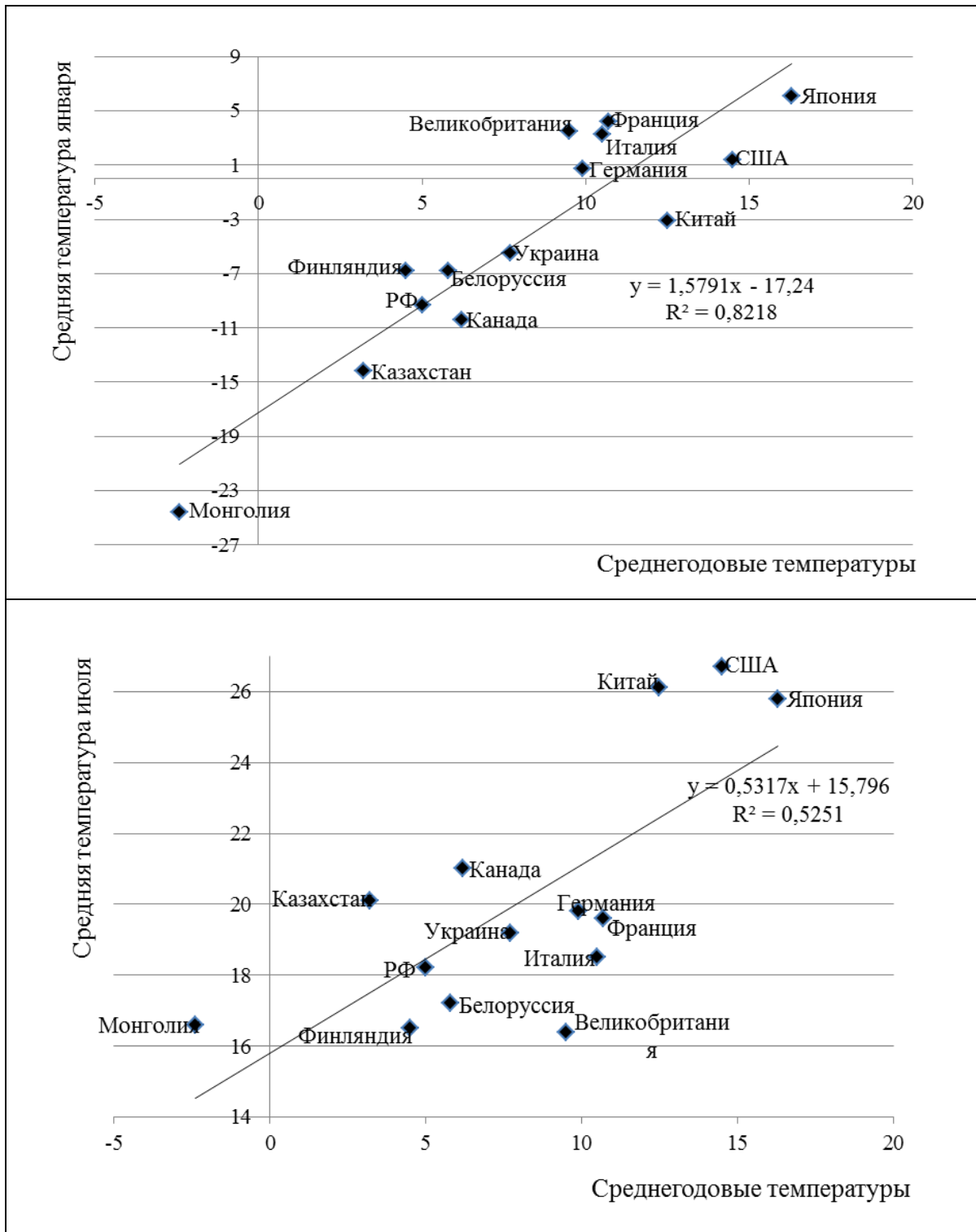


Рис. П.1.2. Взаимосвязи среднегодовых температур и температур января (а) и июля (б).

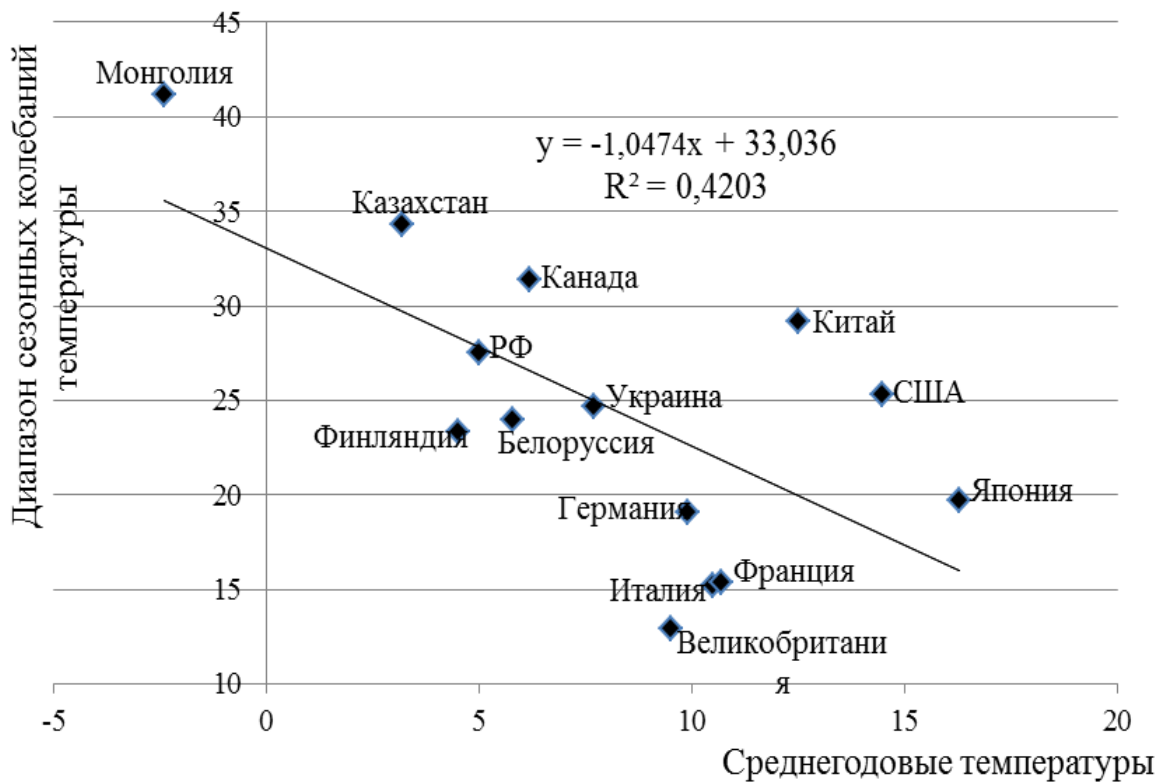


Рис. П.1.3. Распределение стран по диапазону сезонных колебаний и среднегодовым температурам.

Отрицательную корреляционную зависимость диапазонов сезонных колебаний от среднегодовых температур иллюстрирует рис. П.1.3. 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, Канада, Россия.

П.1.4. Измерители степени суровости климата: продолжительность отопительного периода, средние зимние температуры, «градусодни» по разным странам

«Величайшее удовольствие русских – пьянство, другими словами – забвение. Несчастливые люди! Им нужно бредить, чтобы быть счастливыми». Но вот что характеризует добродушие русского народа: напившись мужики становятся чувствительными и вместо того чтобы угощать друг друга тумаками, по обычаю наших пьяниц, они плачут и целуются.

Астольф де Кюстин

Рассмотрим три среднееголетних природно-климатических показателя, связанных с условиями отопления зданий и сооружений в зимнем периоде. Один из них – продолжительность отопительного периода (табл. П.1.3). Для определения продолжительности отопительного периода использовалось такое же, как и выше, формализованное правило: если в течение 5 сут. температура атмосферного воздуха будет ниже 8 °С, то считается, что отопительный период начинается. Если же в течение 5 сут. температура будет выше 8 °С, то отопительный сезон заканчивается.

Второй показатель – средняя за отопительный период температура наружного воздуха (см. табл. П.1.3). Она определялась как среднееголетняя от среднесуточных температур за все рассматривавшиеся отопительные периоды (зимы).

Третий показатель (см. табл. П.1.3, первый столбец) – 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 °С. Таким образом, если от 18 °С отнять среднюю зимнюю температуру и умножить полученное число на продолжительность отопительного периода, то получим показатель интегральной разности температур.

Отношения значения показателя интегральной разности температур в разных регионах могут служить для сопоставления потребностей в тепловой энергии и в топливе для отопления одного и того же по конструкции помещения. Как мы видим из данных табл. П.1.3, 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 тепловой энергии, 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.

Т а б л и ц а П.1.3

Средние за многолетний период климатические характеристики стран			
Страна	Интегральная разность температур, градусодни	Продолжительность отопительного периода, дни	Среднезимние температуры
Монголия			-11,05
Казахстан			-8,10
Финляндия			-0,26
РФ			-1,14
Белоруссия			
Канада			-1,64
Украина			-1,05
Великобритания			
Германия			
Италия			
Франция			
Китай			
США			
Япония			

Приведенные выше (см. табл. 1.1, 1.2) значения рассматриваемых трех среднесезонных характеристик для экономических районов России показывают, что по всем им Москва может считаться относительно более теплым пунктом наблюдения. Только Северо-Кавказский район 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 тепловой энергии 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.

П.1.5. Климат и уровень жизни

«Среди населения, лишённого радостей и собственной воли, видишь лишь тело без души и невольно содрогаясь при мысли, что столь огромное число рук и ног имеют все одну лишь голову»

Астольт де Кюстин

Данные о среднегодовых температурах и душевом валовом внутреннем продукте (ВВП) представлены в табл. П.1.6, на основе которых была построена регрессионная зависимость (рис. П.1.4).

**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		1,577
Казахстан			4,893
Финляндия			15,738
РФ			6,486
Белоруссия			3,628
Канада			16,473
Украина			3,662
Великобритания			5,472
Германия			7,081
Италия			5,515
Франция			7,292
Китай			3,298
США			13,246
Япония			7,848

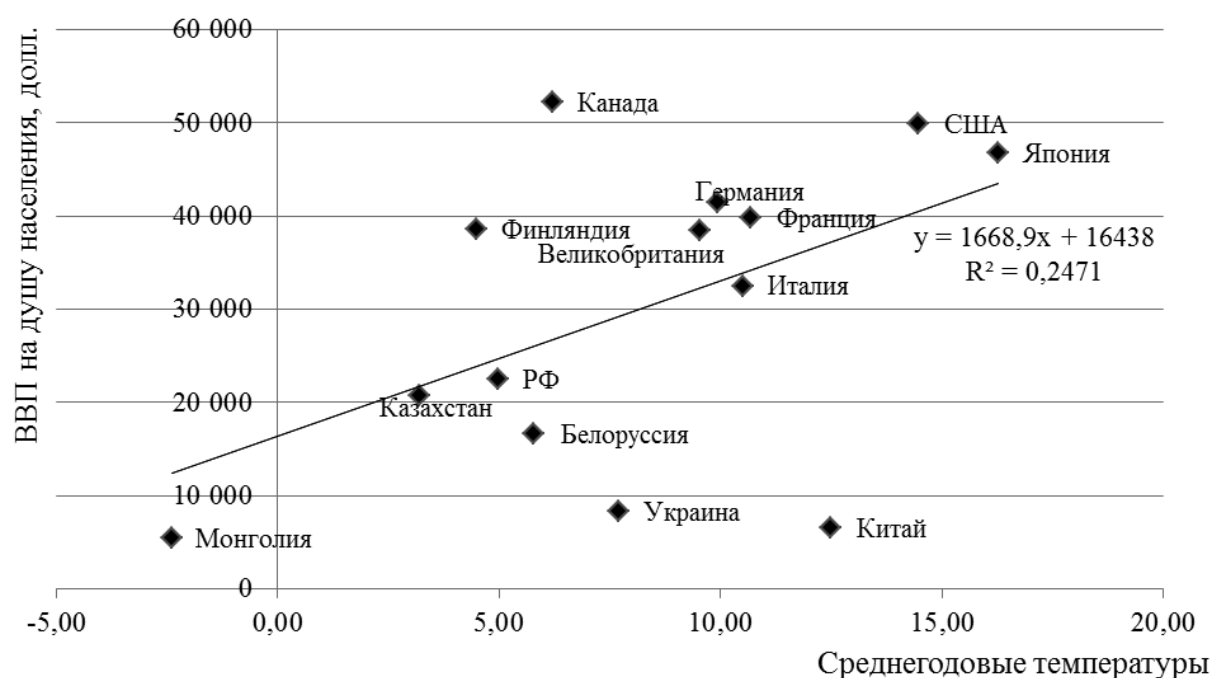


Рис. П.1.4. Распределение стран по душевому ВВП и среднегодовым температурам.

* Материалы по душевым ВВП (долл. США) и электропотреблению (кВт*ч/чел) взяты с официального сайта Всемирного банка, раздел «ВВП на душу населения» [92] по состоянию на 2012 г. и раздел «Электропотребление на душу населения» по состоянию на 2011 г. [93].

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.

Согласно данным, приведенным на рис. П.1.4, 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 значительная часть населения 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 параметрам, которые обычно от-

носят 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 тюрскими народами). Почему финно-угорские народы, живущие на территории России, более богатой природными ресурсами, чем Финляндия (карелы, мордва, марийцы, удмурты, коми, ханты, манси и др.), не достигают столь же высокого уровня жизни, как финны? Представляется, что финский экономический феномен нуждается в специальном изучении.

Одной из характеристик уровня жизни и степени развитости экономики разных стран является потребление электроэнергии на душу населения. Распределения стран по душевому электропотреблению и среднегодовым температурам в рассматриваемых странах представлены на рис. П.1.5. 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 оказалось, что потребление электроэнергии в настоящее время отражает в большей мере более высокий уровень жизни в странах с теплым климатом. При этом коэффициент тесноты связи, равный 3,38 %, позволяет судить об очень слабой зависимости.

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 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 отно-

сятся Финляндия, Канада и США, то положительная зависимость между среднегодовыми температурами и душевым электропотреблением у оставшихся стран будет, более тесной.

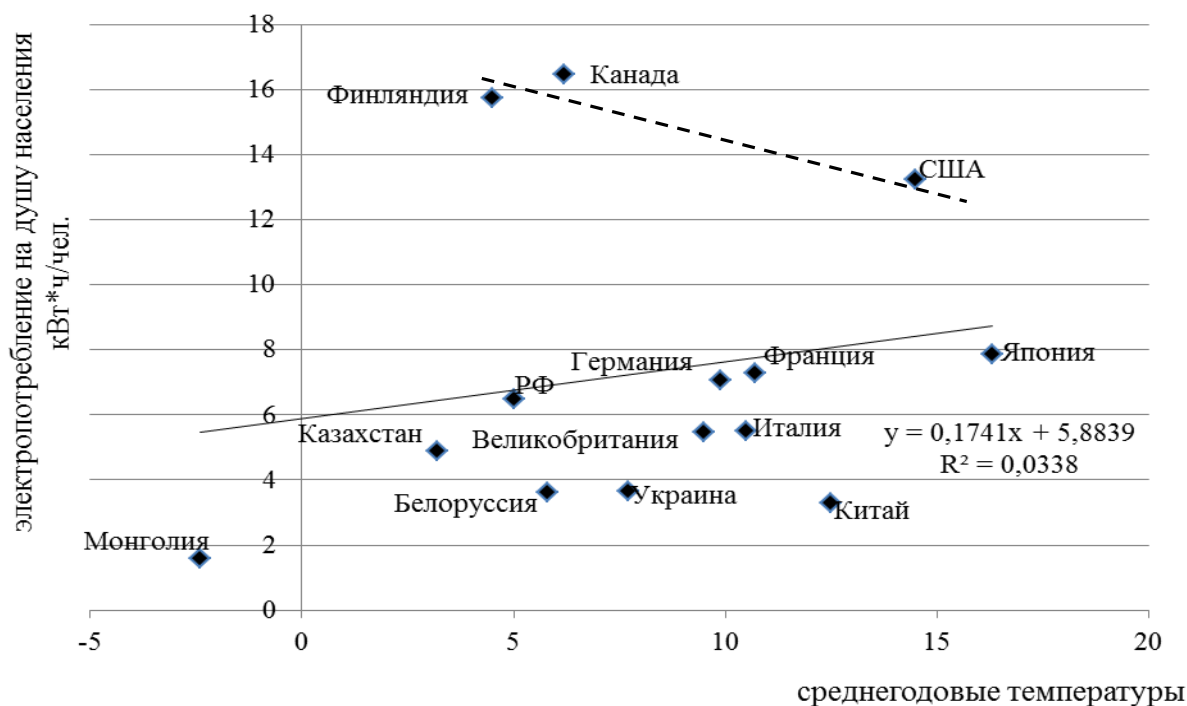


Рис. П.1.5. Распределение стран по душевому электропотреблению и среднегодовым температурам.

П.1.6. 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 коей 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) длительное, сосуществование многих народов, многообразие вероисповеданий, укладов, широкий генофонд;

2) многовековое существование обширных государственных образований: Биармия, гунны, скифы, Хазария, Булгария, Монгольская империя, Тюрский каганат, Киргизский каганат, Княжество Литовское, Джунгария, Российская империя, СССР. Если процесс интеграции в единое экономическое и политическое образование стран Европы активно начались только в последние пять десятилетий, то на евразийском пространстве эти процессы были успешно осуществлены давно – не только в период существования Советского Союза, но и в Российской империи. Процессы успешной интеграции в единое общественно-экономическое образование на евразийском пространстве происходили и на много лет раньше создания Российской империи. Огромный опыт такой интеграции был накоплен еще в эпоху империи Чингисхана и других предшествующих государственных образований на территории современной России и сопредельных государств;

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 [89]. В качестве способов «противодействия» 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 будет функционировать столь же плотная и эффективная сеть автомобильных или железных дорог, как в европейских стра-

нах. Поэтому очень актуальна разработка и использование специальных, приспособленных к условиям России транспортных средств – снегоходов, экранопланов, дирижаблей.

В России из-за суровых природных условий объективно значительно дороже, чем в Западной Европе, Америке, странах Юго-Восточной Азии, Австралии строительство, энергообеспечение, одежда, питание [89].

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 десять раз дешевле, чем по железной дороге, и в сотни раз дешевле, 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.

Оценки удельного веса рентных доходов в добыче топлива в СССР в конце 80-х годов [94, 95] представлены в табл. П.1.5. Рентные доходы в добыче топлива в СССР в конце 1980-х составляли 165 млрд руб. в год. В этот период официальный курс рубля был несколько выше курса доллара. Один доллар США (существенно обесценившийся с тех пор) приравнивался к 65 коп. Для понимания приведенной цифры стоимостного объема рентных доходов можно отметить, что в конце 1980-х годов консолидированный бюджет СССР был равен примерно 400 млрд руб., в том числе союзный бюджет – 150 млрд руб.

Оценка удельного веса ренты в добыче топлива на действующих предприятиях в среднем по экономическим районам СССР, в % к стоимости топлива

Экономический район	Нефть	Газ	Уголь энергетический
Северный			
Поволжский			–
Уральский			
Западно-Сибирский			
Донецко-Приднепровский			–40
Среднеазиатский			
Казахстанский			
Восточно-Сибирский	–		

Суть рентных доходов с природных ресурсов наглядно представлена на рис. П.1.6. В силу объективных природных условий у предприятий, добывающих природные ресурсы, могут быть сильно различающиеся затраты. По затратам самых дорогих из используемых предприятий формируются цены в точке пересечения приведенных кривых спроса и предложения. При этом другие предприятия будут давать дополнительную доходность, обусловленную их лучшими природными условиями, которая и будет рентным доходом с используемых данным предприятием природных ресурсов.

Возможны три направления использования рентных доходов с природных ресурсов:

- 1) на обогащение отдельных лиц;
- 2) на поддержку низких цен на энергоресурсы внутри страны и у стран союзников;
- 3) на общенародные (государственные) нужды наряду с налогами (взамен их).

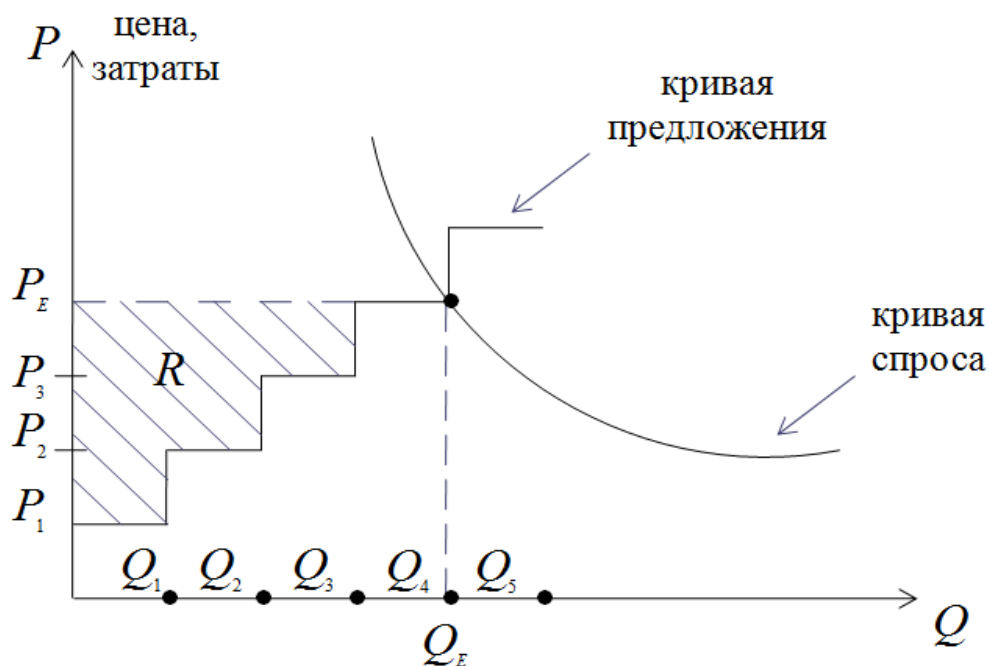


Рис. П.1.6. Формирование рентных доходов.

Можно не обсуждать первое из этих направлений, в силу очевидной его неразумности и больших минусов, в том числе и для лиц, получающих такие сверхдоходы от общенародных ресурсов. Следует только отметить, что именно присвоенные рентные доходы с природных ресурсов стали одним из основных источников (наряду с лихо проведенной приватизацией, обесценением накопленных и текущих денежных доходов населения в результате инфляции) появления с 1990-х годов большого числа сверхбогатых людей в России на фоне падения экономики и среднего уровня жизни в стране.

В литературе часто высказываются предложения о целесообразности использования в России и в настоящее время (как это было и прежде) второго из указанных направлений. Для реализации этой идеи предлагается использовать ценообразование не по предельным (замыкающим) затратам, а по средним затратам на производство данного вида топлива. Можно отметить следующие негативные эффекты от такого ценообразования «по средним затратам» (рис. П.1.7):

1) часть используемых месторождений становятся нерентабельными из-за снижения цен, дополнительные доходы от «рентабельных» идут на дотации «нерентабельным» месторождениям;

2) расширяется объем спроса из-за снижения цен: что дешево стоит, то дешево ценится;

3) становится необходимым использование объективно нерентабельных месторождений;

4) теряются стимулы к экономии энергоресурсов;

5) необходимы большие затраты на государственный контроль.

Более правильным представляется использование третьего направления – привлечение рентных доходов в бюджеты разных уровней государственного управления (федеративный, субъектов федераций, местный). Это позволит сильно сократить налоги, что будет способствовать снижению издержек в обрабатывающей промышленности, в наукоемких технологиях, в сельском хозяйстве. В результате многие сектора экономики станут значительно более конкурентоспособными, невзирая на повышенные затраты из-за суровых природно-климатических условий и менее благоприятных, чем в других странах транспортных условий.

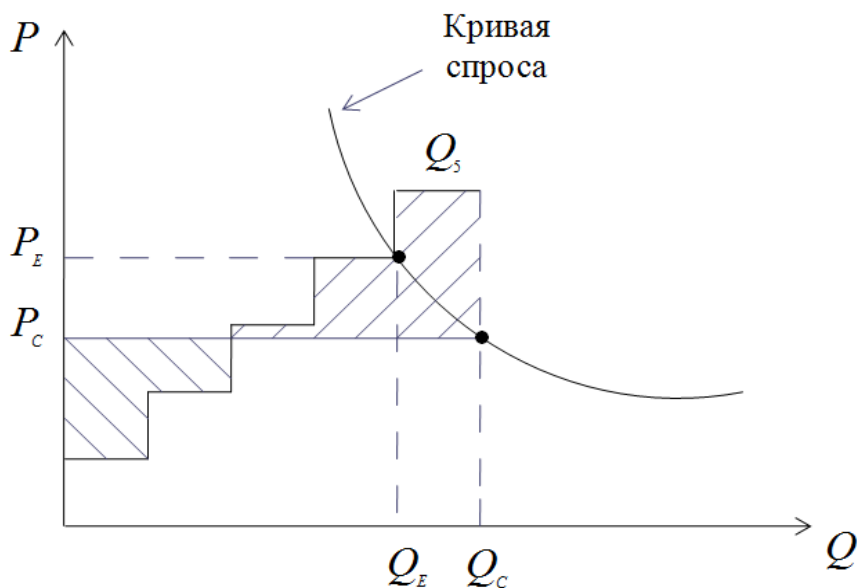


Рис. П.1.7. Эффекты цен «по средним затратам».

Необходимо отметить очень важный временной аспект в использовании рентных доходов с природных ресурсов. Оптимальное использование во времени располагаемых природных ресурсов связано с понятием динамической ренты. Получаемые ныне от реализации природных ресурсов доходы – это и не

полученные (возможно, в гораздо большем объеме) рентные доходы будущих поколений. В последние десятилетия экономика и энергетика России относительно устойчиво функционировали в значительной степени за счет доходов от углеводородного топлива, что сопровождалось сокращением запасов действующих месторождений нефти и газа, происходящим ухудшением условий их добычи, резким возрастанием затрат.

При этом всемерно расширяются предложения от России (которые порой становятся похожими на навязывание) поставок углеводородов на экспорт. Это сопровождается не только неоправданным возрастанием затрат, неэффективным использованием потенциальных доходов от располагаемых запасов углеводородов, но и значительным перекосом в структуре топливного баланса страны. Такая ситуация уже в недалеком будущем может привести не только к резкому сокращению рентных доходов от продажи углеводородов, но и к возникновению реальных крупных угроз в обеспечении энергоресурсами России [96, 97].

ПРИЛОЖЕНИЕ II.

КОГДА ЛУЧШЕ НАЧИНАТЬ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ГОД

Хозяйственная деятельность во всех секторах экономики тесно связана с годовыми циклами природы. Это проявляется в виде сезонности работ (сельское хозяйство, строительство, водный транспорт, теплоснабжение населения и т. д.) или в виде сезонных колебаний экономической активности. Кроме природных факторов сезонности и сезонных колебаний на годовые экономические ритмы существенно воздействует также годовая цикличность в планировании и отчетности, в выплатах и сборах налогов, в расходовании и реализации средств федерального, региональных и местных бюджетов. Ритмы в организации экономической деятельности, в планировании и отчетности, в налогово-бюджетной системе могут по-разному сочетаться с природными циклами в зависимости от даты начала экономического (хозяйственного) года.

Под терминами «экономический год», «хозяйственный год» будем понимать финансовый, налоговый, бюджетный год, а также плановый год производственной деятельности предприятий. Все эти термины представляют общую годовую цикличность в организации функционирования всех сфер социально-экономической деятельности. В данном приложении отражены результаты исследований [99–101] задачи выбора наилучшей даты начала экономического года для России.

У нас в России, как и во многих других странах, хозяйственный год начинается вместе с календарным 1 января. Эта дата стала первым днем года несколько случайно – в результате осуществленных Юлием Цезарем в 46 г. до н. э. реформы римского календаря. Ныне нет никаких априорных идейных или экономических преимуществ у даты 1 января как момента начала календарного года. Более того, выбор такой даты для начала календаря находится даже в противоречии с латинскими названиями месяцев. Сентябрь, буквально по латыни седьмой, оказался девятым месяцем. Октябрь, по латыни восьмой, – десятым.

Существуют и другие неудобства от общепризнанного в качестве мирового григорианского календаря (являющегося уточнением юлианского календаря). Уже длительное время в ООН обсуждается вопрос о реформе общемирового календаря [102–105]. В рамках этой реформы можно рассмотреть вопрос о выборе наилучшего момента начала года, в том числе с учетом экономических интересов разных стран.

В случае социально-экономической целесообразности перенос даты начала хозяйственного года можно осуществить и без переноса даты начала календарного года. Раньше и теперь во многих странах хозяйственный год начинался и начинается не в день начала календарного года, а с другой даты.

П.2.1. Сколько новых годов в году

«...звезды в небе время ткут...»

М. Волошин

Луна, солнце и звезды – измерители времени. Издавна время измеряется периодически повторяющимися астрономическими явлениями [104–107]. Первоначально это делалось при ошибочных, как мы теперь знаем, представлениях об этих явлениях.

В качестве единицы измерения использовались, прежде всего, сутки – период времени, равный продолжительности одного дня и одной ночи, ныне определяемые как время полного оборота земли вокруг своей оси. Другой единицей измерения является месяц – период времени между одинаковыми фазами Луны, обычно между новолуниями. Ныне под этим понимается период обращения Луны вокруг Земли. И, наконец, год – интервал времени повторения одних и тех же сезонов. Как выяснилось, в результате утверждения концепций Коперника–Кеплера, год – это период обращения Земли вокруг Солнца.

Для предсказания времен года широко использовались звезды и созвездия. В древнем Китае в качестве предвестника весны и начала посевных работ использовалось созвездие Большой Медведицы: ручка ковша в это время при закате смотрит на восток. У древних греков пора сева отмечалась исчезновением

с небосвода созвездия Плеяд, которые на полтора месяца становились невидимыми с началом весны. С появлением в лучах восходящего солнца Сириуса – самой яркой звезды Северного полушария – начинался новый год в Древнем Египте.

Платон, которого можно считать наиболее основательным из греческих философов, считал, что Солнце, Луна и звезды созданы именно для того, чтобы соизмерять время. Еще во времена палеозоя люди измеряли время с помощью Луны и звезд. Об этом свидетельствуют многие археологические находки, в том числе в районе Мальты Иркутской области. У наших далеких предков, не знавших электрического освещения, были все условия для выявления периодически повторяющихся астрономических событий.

Развитие маятниковых и затем в XX в. создание кварцевых и атомных часов позволило достичь очень высокой точности измерения времени в очень длительных периодах. Погрешность современных эталонов времени равна не более 1 с за 1 млн лет.

Произшедшие усовершенствования измерителей времени не избавляют от необходимости мерить время сутками, месяцами и годами, поскольку наша жизнь по-прежнему тесно связана с ритмами природы.

Развитие физики, астрономии, технологии измерения времени выявило ряд новых аспектов в определении периодов времени по астрономическим явлениям, в частности, таких, как сутки, месяц, год.

Сутки. Существует несколько вариантов определения суток. Во-первых, это наиболее привычные «истинные солнечные сутки», под которыми понимается период времени между двумя последовательными одноименными (верхними или нижними) кульминациями центра солнечного диска в данном пункте наблюдения.

Вследствие эллиптической орбиты движения Земли вокруг Солнца и имеющегося наклона земной оси к плоскости орбиты «истинные солнечные сутки» имеют разную продолжительность в разные дни года. Причем диапазон колебаний истинных солнечных суток в году составляет примерно полчаса.

Реально в качестве измерителей времени используются так называемые «средние солнечные сутки», имеющие одинаковую продолжительность в течение года. Они являются усреднением за год «истинных солнечных суток».

Наиболее точными и доступными измерению через астрономические наблюдения являются «звездные сутки» – промежуток времени между двумя последовательными верхними кульминациями одной и той же точки на небосводе (звезды или какой-либо расчетной точки). Звездные сутки состоят, так же, как и солнечные, из 24 ч и соответствующего количества минут и секунд.

Поскольку «звездные сутки» имеют высокую точность периодичности (их отклонения за год в силу разных причин составляют не больше одной тысячной секунды) и могут быть легко измеренными, то ими пользуются в астрономических наблюдениях.

В бытовом отношении высокоточные солнечные сутки неудобны, поскольку они существенно, примерно на 4 мин короче средних солнечных суток. За год набегает одни лишние сутки. Здесь имеем тот же эффект, как и сокращение продолжительности «солнечных» суток при поездке на восток.

Есть и другие нюансы в определении и классификации столь, казалось бы, очевидного понятия «сутки». Это и деление на местное (привязанное к конкретному пункту, что сейчас уже не используется), и поясное время, декретное, зимнее и летнее время. Для наших целей достаточно будет понимать под сутками «средние солнечные сутки». Далее термин «сутки» у нас будет обозначать именно это понятие.

Месяц. Этим термином обозначается период времени обращения Луны вокруг Земли. Этот период зависит от того, относительно каких точек он измеряется. Если считать период обращения относительно направления к Солнцу, то получим так называемый «синодический месяц», который как раз и равен усредненному периоду видимого цикла фаз Луны.

Если мерить период обращения относительно прямой, проведенной от центра Земли к бесконечно удаленной звезде, то получим несколько иной, более

короткий период обращения. Такой период называется звездным или «сидерическим» месяцем.

Если период обращения Луны отсчитывать по ее прохождению через ближайшую к Земле точку лунной орбиты, через перигелий, то получим так называемый «анамалистический» месяц.

Период обращения Луны относительно фиксированных точек проекции ее траектории на траекторию движения Земли вокруг Солнца называется «драконическим» месяцем, с которым тесно связаны периодичности солнечных и лунных затмений.

Наконец, период обращения Луны можно мерить относительно точек весеннего или осеннего равноденствия, чем определяется так называемый «тропический» месяц.

В дальнейшем под термином «месяц» будем понимать только средний синодический месяц. Его продолжительность составляет 29,53056 сут. Это наиболее продолжительный из всех приведенных выше «месяцев».

Год. Период полного обращения Земли вокруг Солнца также зависит от того, по какой отметке его измерять. Год можно мерить по точкам самой орбиты Земли. Например, относительно точек весеннего или осеннего равноденствия. Такой год называется тропическим.

Можно год измерять по периоду времени между пересечением Землей точки прямой между Солнцем и какой-либо условной точки на бесконечности (или звездой). Этот год называется «звездным», он имеет несколько большую продолжительность, чем тропический.

Можно измерять период времени между прохождением Землей перигелия (ближайшей к Солнцу точки земной орбиты). Из-за смещения перигелия с течением времени в направлении движения Земли такой год получает несколько большую продолжительность. Он называется «анамалистическим».

Наконец, год можно измерять по точкам прохождения проекции орбиты Луны. Такой год называется «драконическим».

Значения продолжительности месяцев с годов в сутках приведены в табл. П.2.1 и П.2.2. В дальнейшем под годом будем понимать тропический год. Он длиннее остальных «месяцев» на двое и более средних солнечных суток.

Т а б л и ц а П.2.1

Продолжительность в средних суточных сутках месяцев при разных их определениях

Наименование месяца	Продолжительность, сут.
Синодический	29,53059
Сидерический	27,32166
Анамалистический	27,55455
Драконический	27,21222
Тропический	27,32158

Т а б л и ц а П.2.2

Продолжительность в средних солнечных сутках года при разных способах его определения

Наименование года	Продолжительность, сут.
Тропический	365,24220
Звездный	365,25636
Анамалистический	365,25964
Драконический	346,62003

* * *

Как уже отмечалось, в дальнейшем будем рассматривать только синодический месяц и только тропический год, поскольку именно они важны для формирования календаря. Отметим один важный факт, из-за которого протекают многие сложности в формировании календарей – три рассматриваемых периода не-соизмеримы. И год, и месяц не содержат целое число суток. Тропический год кроме 365 сут. содержит еще примерно четверть суток. Точнее дополнение составляет (также примерно) 0,2422 сут. В тропическом году не содержится целое число синодических месяцев, примерно 12,36827 месяцев.

Три типа календарей. Земля вращается вокруг своей оси со скоростью, равной на ее экваторе примерно 1,7 тыс. км/ч. На широте 60° скорость вращения

Земли равна примерно 800 км/ч, что сопоставимо со скоростью реактивного лайнера. Луна вращается вокруг Земли со скоростью 3,6 тыс. км/ч. Земля вместе с Луной летят вокруг Солнца со скоростью, превышающей 100 тыс. км/ч. И все эти огромные скорости движения Земли и Луны никак не согласованы между собой.

Вследствие несогласованности продолжительности суток, синодического месяца и тропического года появилось большое количество календарей. Их можно разделить на три вида.

Лунный календарь. Можно представить, как первобытный человек, ежедневно наблюдая смену фаз Луны (чего, увы, лишены нынешние жители городов), выявил периодичность этих смен.

Несложно было установить, что средний период между одинаковыми фазами Луны составляет 29,5 сут. Поэтому продолжительность лунных месяцев (периодов времени между одинаковыми фазами луны, обычно, между новолуниями) чередуется. Один раз – 29 сут., другой раз – 30.

Вполне естественно месяц занял важное место в измерении времени как единица более продолжительного, чем сутки периода. Неслучайно во многих странах период времени 28–31 сут. имеет название, связанное с названием спутника Земли. От месяца естественным образом, как его четвертая часть, возникла «неделя».

Также непосредственные наблюдения показывают, что в году примерно 12 месяцев. Календарь, в котором месяцы измеряются по фазам Луны, а год состоит из двенадцати месяцев, называется лунным.

В таком лунном календаре число дней в году равно

$$29,5 \times 12 = 354,$$

что примерно на 11,25 сут. меньше, чем в тропическом году.

Мусульманский календарь. В настоящее время лунным календарем пользуются приверженцы ислама. Счет лет в мусульманском календаре ведется от дня «Хиджра» – переселения. Он приходится на 16 июня 622 года по юлиан-

скому календарю. В этот день пророк Мухаммед был вынужден спешно переехать из Мекки в Ястреб, который потом стал называться Мединой, городом пророка.

Данный факт рассматривается как важнейший момент в основании новой веры. Причем эта дата (которая так и называется Хиджра) служит для летоисчисления, но не празднуется мусульманами пышно.

На самом деле в синодическом месяце не 29,5, а несколько больше средних солнечных суток (см. табл. П.2.1), что было известно уже древним астрономам. Поэтому только простого чередования месяцев с 29 сутками (их принято назвать «пустыми») и с 30 сутками (их называют «полными») недостаточно. Если следовать такому чередованию, то с течением времени фактическое новолуние будет запаздывать против «расчетного».

Чтобы новолуние совпадало всегда с началом месяцев, необходимо вводить удлиненные на одни сутки месяцы (идея схожая с введением високосных годов). В турецком календаре принято за восемь лет три раза вводить удлиненные на одни сутки лунные месяцы. В несколько более точном арабском лунном календаре за 30 лет 11 раз вводятся удлиненные месяцы.

Главное неудобство указанного лунного календаря состоит в том, что каждый год день очередного нового года «Хиджра» смещается на 11 дней «назад» в рамках григорианского календаря. И, таким образом, мусульманский новый год в течение 33 наблюдаемых нами астрономических (тропических) лет наступает не 33, а 34 раза.

Лунно-солнечные календари. Лунные календари широко использовались в прошлом и в той либо иной мере во многих странах используются и сейчас.

Например, по имеющимся археологическим данным, лунные календари использовали в древности такие территориально удаленные народы, как племена майя и шумеры. Причем известно, что шумеры еще в третьем тысячелетии до нашей эры для того, чтобы начало года соответствовало одному и тому же

сезону года (дабы оно предшествовало всегда разливам Тигра и Евфрата), вводили в некоторые годы 13-й месяц.

Лунные календари, в которых время от времени добавляется 13-й месяц в целях приведения в соответствие начало такого года определенному сезону или определенному соотношению Земли с Солнцем (например, дней весеннего и осеннего равноденствия), называются лунно-солнечными.

Наиболее известны из древних лунно-солнечных календарей вавилонский календарь и китайский календарь. Оба относятся к периоду VI в. до н. э.

В Вавилоне использовались восьмилетние циклы, в течение которых три раза добавлялись к 12 месяцам года еще один, 13-й. В итоге за восемь лет получалось 99 лунных месяцев, что соответствует 2922,5284 суткам. На самом деле в течение восьми лет (см. табл. П.2.2) должно быть 2921,9376 суток. За восемь лет в вавилонском календаре будет на 0,5904 суток больше, чем на самом деле. Средняя ошибка в год составляет 0,074 сут. в год.

В календаре Китая в течение 19 лет семь раз добавляется дополнительный 13-й месяц. Это означает, что по китайскому календарю за 19 лет было 238 месяцев, что равносильно 6939,68865 суткам. На самом деле 19 лет равны 6939,6018 суткам. Разница составляет 0,0865 сут. за 19 лет. Что равносильно 0,0072 сут. в год.

Поражает высокая точность вавилонского и китайского календарей VI в. до н. э, причем китайский оказался в 10 раз точнее.

Ныне лунно-солнечный календарь используется в Израиле (в основном для религиозных нужд). В ныне действующем израильском календаре используется такая же периодичность добавления 13-го месяца, как в древнекитайском календаре – семь раз за 19 лет.

Солнечные календари в периодизации времени ориентируются только на природные циклы, связанные со сменой сезонов года. Солнечные календари обычно делятся так же на 12 месяцев, которые теперь уже не привязаны к периодам изменения фаз Луны. Этот факт отражает происхождение солнечных календарей от лунно-солнечных и лунных.

Наиболее древним из известных солнечных календарей является египетский календарь, созданный еще в четвертом тысячелетии до н. э. В этом календаре год состоял из 12 месяцев по 30 суток каждый. В конце года добавлялись 5 суток.

Таким образом, в древнеегипетском календаре год состоял из 365 суток. Первоначально началом года служил день появления Сириуса в лучах утреннего солнца. Это событие можно назвать началом хозяйственного года в Египте, поскольку после него через несколько дней начинался разлив Нила, что формировало годовые экономические ритмы в жизни страны.

Поскольку фактический тропический год примерно на 0,25 сут. длиннее, чем 365 дней, то новый год по египетскому календарю (первый день месяца «тот») стал с течением времени приходиться на более ранние даты, чем день появления Сириуса. А день появления Сириуса особо тщательно отслеживался жрецами. Это был первый из известных в истории примеров расхождения дат начала календарного и хозяйственного года.

Многообразие дат начала «новых годов» в году. В прошлом существовало огромное многообразие календарей, в которых началом нового года могли стать совершенно разные даты в рамках нашего григорианского календаря. Некоторые из этих начал года отмечаются и поныне.

Навруз, день Нового года, приходящийся на весеннее равноденствие (21–22 марта). Бурно отмечается многими народами и во многих странах: Афганистан, Узбекистан, Туркмения, Таджикистан, Албания, Киргизия, Македония, Дагестан, Татарстан, Башкортостан, Синьзянь-Уйгурский район Китая, Курдистан. Считается, что он появился еще в дописьменный период в Иране (Персия – колыбель цивилизаций). Является признанным Новым годом для Зороастристов (очень древняя и ныне одна из крупных по числу приверженцев религия) и у Бахаистов – это молодая религия, зародившаяся в Иране в XIX в., имеющая много приверженцев (в Хайфе, на севере Израиля находится чудесный Храм и изумительный Сад бахаистов). А вот арабы, в том числе сирийцы, а также офици-

альная Турция не признают праздник Навруз. Официально в Турции даже запрещается праздновать этот день, что является одним из элементов противостояния с курдами.

Китайский календарь уходит корнями глубоко в историю до нашей эры. Китайский Новый год и произошедшие от него новые года ряда азиатских народов (в том числе монголов, бурят), приходится на второе полнолуние после зимнего солнцестояния. Китайцы ввели двенадцатилетние и шестидесятилетние циклы летоисчисления, с приписыванием каждому году названия зверя, и деление года на двенадцать месяцев. Эта традиция была перенята буддистскими странами с некоторыми расхождениями в названиях лет и датах начала года.

В странах Юго-Восточной Азии, хотя и находящихся исторически в ареале сильного воздействия издавна высокоразвитого Китая, даты нового года могут отличаться от китайского Нового года, например, в Лаосе он наступает в апреле.

Очень большое разнообразие дат нового года в Индии. В разных штатах эти даты очень разные. В истории этой великой страны, в древнейшей религии индуизм есть много разных поводов для введения дат летоисчисления. В некоторых районах Индии отмечают и по две даты нового года.

Племена Майя в Мексике считают началом года 16 июня. Кельтские народы (Шотландия, Ирландия) – 1 апреля.

В Израиле Новый год, Рош-ха-шана, празднуется осенью, по лунно-солнечному календарю в период с начала сентября по начало октября. Это первый день месяца **Тишрен**, когда было завершено сотворения мира (создан Адам, а все остальное, было сделано за предыдущие шесть дней). В этот же день в последующем произошли и другие важные исторические события, в том числе в этот день из ковчега вышел Ной, евреи освободились из египетского плена. Еще более торжественным и чтимым является десятый день месяца Тишрен, **Йом Кипур**. В этот день евреи получили «второй скрижаль завета». Израиль в этот день замирает. На небесах решается судьба каждого на ближайший год. По предсказаниям именно в эту дату в будущем должен произойти тот самый великий

Судный день, когда будут решены судьбы всех и навсегда.

В древнем Риме год начинался с 1 марта. Это отражается в используемых нами названиях месяцев. Октябрь – восьмой, ноябрь – девятый, декабрь – буквально, десятый, а не двенадцатый. В начале I в. Юлий Цезарь ввел свой календарь, с началом года 1 января, не задумываясь о явном несовпадении названий месяцев. Для России, наверное, были бы более уместны славянские коренные названия месяцев, которые используются в Украине и Белоруссии.

На Руси. Есть мнение, что в далекие времена Новый год на Руси отмечался в зимнее время [108]. Известно, что в первые века после принятия крещения Новый год на Руси отмечался 1 марта. С конца XV в. он был перенесен на сентябрь, поскольку считалось, что сотворение мира было осенью. В 1699 г. указом Петра I Новый год стал праздноваться по-европейски – с 1 января (тогда еще по юлианскому стилю). На григорианский календарь Россия перешла после Октябрьской революции.

Приведенные примеры иллюстрируют потенциальную возможность переноса начала календарного и вместе с ним начала хозяйственного года на любой день.

Возможен вариант и с разнесением на разные даты начал календарного и хозяйственного годов. Например, в СССР с 1922 по 1929 г. хозяйственный год начинался с 1 октября, хотя календарный – с 1 января. В Турции финансовый год начинается с 1 марта; в Афганистане – 21 марта (в Навруз), а вот в США, Таиланде и на Гаити – с 1 октября; в Швеции и Норвегии, Австралии и Новой Зеландии – с 1 июля; в Индии, Японии, Англии, Канаде, Ямайке, ЮАР, на Бермудских островах – с 1 апреля и др. В настоящее время в качестве «мирового» повсеместно принят григорианский календарь, с началом года 1 января.

Возможны и ситуации, когда используются разные даты начала хозяйственного года в разных отраслях экономики. Например, с 1953 по 1956 г. хозяйственный год в животноводстве СССР начинался с 1 октября (в полном согласии с пословицей «цыплят по осени считают»). Наверное, возможен и вариант и с назначением разных дат начала хозяйственного года в разных регионах

(например, из-за того, что многие сезонные работы в регионах нашей огромной страны начинаются в разное время). Конечно, использование разных дат для начала хозяйственного года в разных регионах или в разных секторах экономики одной и той же страны доставляет много неудобств. Ограничимся рассмотрением проблемы выбора единого для всех отраслей экономики и для *нашей страны наилучшего начала хозяйственного года*.

П.2.2. Влияние даты начала хозяйственного года на сезонную цикличность и эффективность производства

Критерии для выбора наилучшей даты начала хозяйственного года.

Далее будут представлены результаты исследований по выбору наилучшего сезона для начала хозяйственного года. В качестве представителей сезонов используются даты 1 января, 1 апреля, 1 июля и 1 октября. Можно выделить три типа критериев для сопоставления:

- 1) влияние даты начала хозяйственного года на качество годовых отчетов и планов;
- 2) социальные последствия, в том числе влияние на возможности проведения массовых отпусков в наиболее благоприятные для жителей России периоды;
- 3) влияние на среднегодовую эффективность производства и амплитуду сезонных колебаний.

Далее в данном разделе будут представлены результаты исследований по этим критериям.

Исходные положения для изучения влияния даты начала хозяйственного года на сезонную цикличность и эффективность производства. Введем необходимые обозначения для сравнительного анализа сезонов начала хозяйственного года по последним двум критериям.

Пусть величина a_t представляет интенсивность воздействия на эффективность производства в квартале хозяйственного года t , факторов, связанных с

датой начала хозяйственного года. Наиболее сильно эти факторы будут проявляться в конце хозяйственного года, в четвертом квартале, когда наступает время для годовых отчетов, подведения итогов деятельности, окончательной выплаты налогов за год. На втором месте по силе проявления факторов активизации деятельности связанных с годовой цикличностью в планировании и отчетности будет конец полугодия. В наименьшей степени эти факторы стимулируют производственную активность в начале финансового года, когда еще не начали действовать новые годовые обязательства перед госбюджетными и иными организациями, когда еще не выделены деньги на работы предстоящего года, а подведение годовых отчетов представляется пока еще очень отдаленным во времени событием (не спроста начало финансового года во многих странах сопровождается хотя бы краткосрочными каникулами и отпусками). Считаем, что действие этих факторов циклически, с периодом, равным году, повторяется. Итак,

$$a_1 < a_3 < a_2 < a_4, \quad a_t = a_{t-4}, \quad t = 0, 1, 2, 3. \quad (\text{П.2.1})$$

Пусть величина b_t представляет действие природных факторов на интенсивность производства в квартале t календарного года. Считаем, что календарный год начинается с 1 января.

Для многих отраслей экономики справедливы неравенства

$$b_1 < b_2 < b_3 < b_4. \quad (\text{П.2.2})$$

Природные факторы наиболее благоприятствуют нормальной деятельности в период с октября по декабрь. К октябрю заканчиваются ремонты и массовые отпуска, поэтому работа в этот период наиболее продуктивна. Осенью завершается сезон строительства и сельскохозяйственных работ. В начале зимы отмечается наибольшая обеспеченность сезонными запасами сырья и топлива, накапливаемыми в течение летнего периода.

Наименее благоприятным хозяйственным периодом, вероятно, следует считать январь–март. Сокращение запасов сырья и топлива приводит к перебоям в снабжении предприятия. В некоторой мере на эффективность деятельности сказываются морозы.

Период с апреля по июнь более благоприятный, чем с июля по сентябрь. На вторую половину лета приходится основная масса ремонтов, минимум сельскохозяйственного сырья, и, что так же весьма важно, основная масса отпусков.

Обозначим $f(a,b)$ функцию эффективности производства в отдельном квартале года, зависящей от двух введенных выше факторов. От этой функции потребуем выполнения двух свойств. Будем считать, что при любых $a, b, x > 0, y > 0$ выполняются следующие четыре неравенства – по два на каждое выделяемое свойство функции f :

1. Эффективность растет с увеличением одного из факторов:

$$f(a+x, b) > f(a, b), \quad (\text{П.2.3})$$

$$f(a, b+y) > f(a, b). \quad (\text{П.2.4})$$

2. Прирост эффективности при увеличении одного из факторов сокращается с возрастанием значения другого фактора:

$$f(a+x, b+y) - f(a, b+y) < f(a+x, b) - f(a, b), \quad (\text{П.2.5})$$

$$f(a+x, b+y) - f(a+x, b) < f(a, b+y) - f(a, b). \quad (\text{П.2.6})$$

Заметим, условие (П.2.5), (П.2.6) являются эквивалентными и они равносильны следующему неравенству:

$$f(a+x, b+y) + f(a, b) < f(a+x, b) + f(a, b+y), \quad (\text{П.2.7})$$

$$f_{\tau t} = f(a_{t-\tau}, b_t). \quad (\text{П.2.8})$$

В качестве критериев для сопоставления дат начала хозяйственного года можно использовать максимизацию годовой эффективности и минимизацию амплитуды сезонных колебаний: Эти критерии выражаются показателями

$$F_{\tau} = \sum_{t=1}^4 f_{\tau t}, \quad (\text{П.2.9})$$

$$g_{\tau} = \max f_{\tau t} - \min f_{\tau t}. \quad (\text{П.2.10})$$

Критерий (П.2.10) нуждается в пояснении. Он отражает задачу минимизации затрат на регулирование сезонных колебаний. С увеличением амплитуды сезонных колебаний возрастают требуемые сезонные запасы сырья и продукции

предприятий, возрастают сезонные резервы мощностей. Частным случаем является регулирование запасов котельно-печного топлива [11].

Числовой пример. Условные численные значения рассматриваемых двух факторов в кварталах календарного года $t = 1, 2, 3, 4$ при различных датах начала хозяйственного года приведены в табл. П.2.3. Эти значения соответствуют условиям (П.2.1), (П.2.2).

Т а б л и ц а П.2.3

Численные значения двух факторов квартальной эффективности производства

Квартал года t	b_t	Значение $\alpha_{t-\tau}$ при начале хозяйственного года			
		1/I	1/IV	1/VII	1/X
1	1	1	4	2	3
2	3	3	1	4	2
3	2	2	3	1	4
4	4	4	2	3	1

Суммарные значения обоих факторов в отдельных кварталах календарного года при различных датах начала хозяйственного года представлены в табл. П.2.4. Из таблицы видно, что суммарные значения двух факторов при датах хозяйственного года 1 апреля и 1 октября распределяются по кварталам более равномерно, чем при датах начала хозяйственного года 1 января и 1 июля.

Т а б л и ц а П.2.4

Суммарные значения обоих факторов квартальной эффективности производства

Квартал года t	Значение $b_t + \alpha_{t-\tau}$ при начале хозяйственного года			
	1/I	1/IV	1/VII	1/X
1	2	5	3	4
2	6	4	7	5
3	4	5	3	6
4	8	6	7	5
Амплитуда	6	2	5	2

Если считать, что квартальная интенсивность производства может определяться как простая сумма рассматриваемых двух факторов

$$f(a,b) = a + b, \quad (\text{П.2.11})$$

то получим амплитуду сезонных колебаний, приведенную в последней строке

табл. П.2.4. Из этих данных видно, что наибольшую амплитуду дает существующая дата начала хозяйственного года. Меньшее – начало хозяйственного года с 1 июля. Наименьшую амплитуду дают две даты – 1 апреля и 1 октября.

Заметим, что функция (П.2.11) удовлетворяет условиям (П.2.3), (П.2.4), но не удовлетворяет условиям (П.2.5), (П.2.6). В качестве функции, удовлетворяющей всем условиям (П.2.3)–(П.2.6), можно рассмотреть следующее выражение

$$f(a,b) = 2 - 1/(a \times b). \quad (\text{П.2.12})$$

Квартальные значения данной функции при разных датах начала хозяйственного года, рассчитанного по данным табл. П.2.1, приведены в табл. П.2.5. В последних строках таблицы приведены значения критериальных показателей (П.2.9), (П.2.10).

Видим, что по критерию годовой эффективности наихудшей является существующая дата начала хозяйственного года. На втором месте будет дата начала хозяйственного года с 1 июля. Наилучшими датами, имеющими наивысшую годовую эффективность, являются 1 апреля и 1 октября. Значения годовой эффективности для этих дат в данном примере оказались одинаковые.

Т а б л и ц а П.2.5.

Квартальные и годовые эффективности производства при разных датах начала хозяйственного года (для функции эффективности (П.2.12))

Квартал года t	Значение f при начале хозяйственного года			
	1/І	1/ІV	1/VІІ	1/Х
1	1	1,78	1,5	1,667
2	1,89	1,607	1,917	1,833
3	1,75	1,833	1,5	1,875
4	1,9378	1,878	1,917	1,75
Годовая эффективность	6,5775	7,125	6,834	7,125
Амплитуда	0,9375	0,208	0,417	0,208

Наименьшую амплитуду сезонных колебаний в данном примере дают также эти две даты – 1 апреля и 1 октября. Самую большую амплитуду, так же, как и в предыдущем примере, дает дата 1 января.

Итак, в рассмотренном примере по обоим критериям (годовая эффективность производства и затраты на регулирование сезонных колебаний) наилучшими являются даты начала хозяйственного года 1 апреля и 1 октября. Наихудшая по обоим критериям существующая ныне дата начала хозяйственного года 1 января.

Итак, в рассмотренном примере с функцией (П.2.12) выполняются соотношения

$$F_1 = F_3 > F_2 > F_0, \quad (\text{П.2.13})$$

$$\mathcal{G}_0 > \mathcal{G}_2 > \mathcal{G}_3 = \mathcal{G}_4. \quad (\text{П.2.14})$$

Поскольку пример имеет несколько искусственный характер, то возникает вопрос, будут ли выполняться данные соотношения при любой другой функции, удовлетворяющей условиям (П.2.3), (П.2.4) и (П.2.5), (П.2.6).

Теорема о влиянии даты начала хозяйственного года на амплитуду сезонных колебаний производства. Основным результатом данного подраздела будут доказательства следующего утверждения.

Теорема 1. Из (П.2.1), (П.2.2), (П.2.4), (П.2.5) следуют неравенства

$$\mathcal{G}_0 > \mathcal{G}_2, \quad \mathcal{G}_2 > \mathcal{G}_1, \quad \mathcal{G}_2 > \mathcal{G}_3. \quad (\text{П.2.15})$$

Комментарии. Неравенство (П.2.15) являются несколько ослабленной формой установленных ранее в числовом примере соотношений (П.2.14). Согласно (П.2.15), также как и в числовом примере для первой группы отраслей, датой начала хозяйственного года дающей максимальную амплитуду сезонных колебаний является 1 января. Это наихудшая дата с позиции затрат на регулирование сезонных колебаний. Наилучшими датами в этом плане являются либо 1 апреля, либо 1 октября.

Отметим одно существенное отличие неравенств (П.2.15) от полученных в примере соотношений (П.2.14). В теореме 1 не утверждается, что дата 1 октября и 1 апреля дают одинаковые амплитуды сезонных колебаний объемов производства.

Новые обозначения. Для облегчения изложения математических доказательств конкретизируем значения аргументов функции квартальной эффективности. Каждый из двух рассматриваемых аргументов может принимать одно из четырех значений. Эти значения нас интересуют с точностью до возрастающих преобразований. Поэтому вполне допустимо, что каждый из аргументов принимает одно из четырех значений натуральных чисел от одного до четырех.

Согласно (П.2.1), (П.2.2) можем считать, что

$$a_1 = 1, a_2 = 2, a_3 = 3, a_4 = 4, \quad (\text{П.2.16})$$

$$b_1 = 1, b_2 = 2, b_3 = 3, b_4 = 4. \quad (\text{П.2.17})$$

Следовательно, функция f будет иметь в качестве аргументов только целые числа из интервала от одного до четырех. Неравенства (П.2.4), (П.2.5) можно сформулировать в виде

$$f(k, j) > f(i, j), \quad i = 1, \dots, 3, \quad k = i + 1, \dots, 4, \quad j = 1, \dots, 4, \quad (\text{П.2.18})$$

$$f(i, t) > f(i, j), \quad i = 1, \dots, 4, \quad t = j + 1, \dots, 4, \quad j = 1, \dots, 3. \quad (\text{П.2.19})$$

Согласно введенным обозначениям годовой эффективности производства для первой группы отраслей при началах хозяйственного года 1 января, 1 апреля, 1 июля и 1 октября имеют выражения

$$F_0 = f(1, 1) + f(3, 3) + f(2, 2) + f(4, 4), \quad (\text{П.2.20})$$

$$F_1 = f(4, 1) + f(1, 3) + f(3, 2) + f(2, 4), \quad (\text{П.2.21})$$

$$F_2 = f(2, 1) + f(4, 3) + f(1, 2) + f(3, 4), \quad (\text{П.2.22})$$

$$F_3 = f(3, 1) + f(2, 3) + f(4, 2) + f(1, 4). \quad (\text{П.2.23})$$

Здесь каждая из составляющих выражений годовой эффективности отражает эффективность производства последовательно в первом, втором, третьем и четвертом кварталах календарного года при разных датах начала хозяйственного года.

Доказательство теоремы 1. Сначала докажем первое неравенство в (П.2.15). Из (П.2.10), (П.2.18), (П.2.19) следует, что

$$\mathcal{G}_0 = f(4, 4) - f(1, 1). \quad (\text{П.2.24})$$

Так как, согласно (П.2.18), (П.2.19),

$$f(2, 1) < f(4, 3), \quad f(1, 2) < f(3, 4),$$

то

$$\mathcal{G}_2 = \max\{f(4, 3), f(3, 4)\} - \min\{f(2, 1), f(1, 2)\}. \quad (\text{П.2.25})$$

Поскольку

$$f(4, 4) > f(4, 3), \quad f(4, 4) > f(3, 4),$$

$$f(1, 1) < f(2, 1), \quad f(1, 1) < f(1, 2),$$

то $\mathcal{G}_2 < \mathcal{G}_0$.

Несколько более сложны будут доказательства второго и третьего неравенства в (П.2.15). Из (П.2.10), (П.2.18), (П.2.19) следует, что

$$\mathcal{G}_1 = \max\{f(4, 1), f(3, 2), f(2, 4)\} - \min\{f(4, 1), f(1, 3), f(3, 2)\}. \quad (\text{П.2.26})$$

Сначала докажем, неравенство

$$\max\{f(4, 3), f(3, 4)\} > \max\{f(4, 1), f(3, 2), f(2, 4)\}. \quad (\text{П.2.27})$$

Предположим, что

$$\max\{f(4, 3), f(3, 4)\} > f(4, 3), \quad (\text{П.2.28})$$

то есть

$$f(4, 3) \geq f(3, 4). \quad (\text{П.2.29})$$

Согласно (П.2.18), (П.2.19),

$$f(4, 3) > f(4, 1), \quad (\text{П.2.30})$$

$$f(4, 3) > f(3, 2), \quad (\text{П.2.31})$$

$$f(3, 4) > f(2, 4). \quad (\text{П.2.32})$$

Из (П.2.29), (П.2.32) следует, что

$$f(4, 3) > f(2, 4). \quad (\text{П.2.33})$$

Из (П.2.30), (П.2.31), (П.2.33) следует неравенство (П.2.27) при предположении (П.2.28). Осталось рассмотреть альтернативное (П.2.28) предположение.

Пусть

$$\max\{f(4, 3), f(3, 4)\} = f(3, 4), \quad (\text{П.2.34})$$

то есть

$$f(3, 4) \geq f(4, 3). \quad (\text{П.2.35})$$

Согласно (П.2.18), (П.2.19),

$$f(3, 4) > f(3, 2), \quad (\text{П.2.36})$$

$$f(3, 4) > f(2, 4), \quad (\text{П.2.37})$$

$$f(4, 3) > f(4, 1). \quad (\text{П.2.38})$$

Из (П.2.35), (П.2.38) следует, что

$$f(3, 4) > f(4, 1). \quad (\text{П.2.39})$$

Неравенства (П.2.32), (П.2.37), (П.2.39) означают выполнение (П.2.27) и при предположении (П.2.34). Итак, неравенство (П.2.27) доказано.

Аналогично докажем неравенство

$$\min\{f(2, 1), f(1, 2)\} < \min\{f(4, 1), f(1, 3), f(3, 2)\}. \quad (\text{П.2.40})$$

Предположим, что

$$f(2, 1) \leq f(1, 2). \quad (\text{П.2.41})$$

Из (П.2.18), (П.2.19) и (П.2.41) имеем

$$f(2, 1) < f(4, 1), \quad (\text{П.2.42})$$

$$f(2, 1) \leq f(1, 2) < f(1, 3), \quad (\text{П.2.43})$$

$$f(2, 1) < f(3, 2). \quad (\text{П.2.44})$$

Эти неравенства доказывают (П.2.40) при предположении (П.2.41).

Осталось рассмотреть альтернативное (П.2.41) предположение. Пусть

$$f(2, 1) \geq f(1, 2). \quad (\text{П.2.45})$$

Из (П.2.18), (П.2.19) и (П.2.45) следует

$$f(1, 2) \leq f(2, 1) < f(4, 1), \quad (\text{П.2.46})$$

$$f(1, 2) < f(1, 3), \quad (\text{П.2.47})$$

$$f(1, 2) < f(3, 2). \quad (\text{П.2.48})$$

Неравенства (П.2.46)–(П.2.48) означают выполнение (П.2.40) и для случая (П.2.45). Итак, неравенство (П.2.40) доказано.

Из (П.2.25), (П.2.26) и доказанных неравенств (П.2.27), (П.2.40) следует, что $\mathcal{G}_1 < \mathcal{G}_2$.

Осталось доказать последнее неравенство в (П.2.17). Отметим, что, согласно (П.2.30),

$$\mathcal{G}_3 = \max\{f(2, 3), f(4, 2), f(1, 4)\} - \min\{f(3, 1), f(2, 3), f(1, 4)\}. \quad (\text{П.2.49})$$

Так как

$$f(3, 1) < f(4, 2), \quad (\text{П.2.50})$$

то для доказательства неравенства $\mathcal{G}_3 < \mathcal{G}_2$, согласно (П.2.22), (П.2.49), достаточно доказать выполнение следующих двух неравенств:

$$\max\{f(4, 3), f(3, 4)\} > \max\{f(2, 3), f(4, 2), f(1, 4)\}, \quad (\text{П.2.51})$$

$$\min\{f(2, 1), f(1, 2)\} < \min\{f(3, 1), f(2, 3), f(1, 4)\}. \quad (\text{П.2.52})$$

Для доказательства (П.2.51) рассмотрим два случая. Первый случай

$$f(4, 3) \geq f(3, 4).$$

Отсюда и из (П.2.18), (П.2.19) следует

$$f(4, 3) > f(2, 3),$$

$$f(4, 3) > f(4, 2),$$

$$f(4, 3) \geq f(3, 4) > f(1, 4).$$

Второй случай

$$f(3, 4) \geq f(4, 3).$$

Отсюда и из (П.2.18), (П.2.19) имеем

$$f(3, 4) > f(2, 3),$$

$$f(3, 4) \geq f(4, 3) > f(4, 2),$$

$$f(3, 4) > f(2, 4).$$

Итак, в обоих случаях выполняется неравенство (П.2.51).

Для доказательства (П.2.52) также рассмотрим два возможных случая.

Первый случай

$$f(2, 1) \leq f(1, 2).$$

Используя это неравенство и (П.2.18), (П.2.19), имеем

$$f(2, 1) < f(3, 1),$$

$$f(2, 1) < f(2, 3),$$

$$f(2, 1) \leq f(1, 2) < f(1, 4).$$

Второй случай

$$f(1, 2) \leq f(2, 1).$$

Учитывая (П.2.18), (П.2.19), имеем

$$f(1, 2) \leq f(2, 1) < f(3, 1),$$

$$f(1, 2) < f(2, 3),$$

$$f(1, 2) < f(1, 4).$$

В обоих случаях неравенство (П.2.52) выполняется. Теорема 1 доказана.

Согласно доказанной теореме 1, наибольшие затраты на регулирование сезонных колебаний будут при существующей ныне дате хозяйственного года. Наименьшую амплитуду сезонных колебаний и соответственно наименьшие затраты на их регулирование дают даты начала года с 1 апреля либо с 1 октября. Обе эти даты предпочтительнее, чем начало хозяйственного года с 1 января или с 1 июля.

Отметим, что в теореме при доказательстве неравенства (П.2.15) использовались только предположения о росте эффективности производства с увеличением одного из рассматриваемых факторов. В условиях теоремы использовались только условия (П.2.3), (П.2.4). Условия (П.2.5), (П.2.6) в данном случае не использовались. В приводимой и доказываемой в следующем разделе теореме 2 будут использоваться, наоборот, только условия (П.2.5), (П.2.6).

Теорема о влиянии даты начала хозяйственного года на среднегодовую эффективность производства.

Теорема 2. Из (П.2.1), (П.2.2), (П.2.5), (П.2.6) следуют неравенства

$$F_2 > F_0, \quad F_1 > F_0, \quad F_3 > F_0, \quad \frac{1}{2} \cdot (F_1 + F_3) > F_2. \quad (\text{П.2.53})$$

Замечания. При доказательстве данной теоремы будем пользоваться значениями аргументов функции f , введенными в предыдущем параграфе, и определениями (П.2.20)–(П.2.23) годовой эффективности производства при разных датах начала хозяйственного года.

Вместо неравенств (П.2.5), (П.2.6) будем использовать равносильное им неравенство (П.2.7). Оно с учетом конкретизации значений аргументов функции f имеет следующие выражения: при любых $i=1, \dots, 3$, $j=1, \dots, 3$, $k=i+1, \dots, 4$, $t=j+1, \dots, 4$

$$f(k, t) + f(i, j) < f(k, j) + f(i, t). \quad (\text{П.2.54})$$

Из выражения (П.2.20) значения F_0 и используя неравенство (П.2.54) и неравенство из составляющих выражений F_2 в (П.2.22), имеем

$$\begin{aligned} F_0 &= (f(1, 1) + f(2, 2)) + (f(3, 3) + f(4, 4)) < \\ &< (f(1, 2) + f(2, 1)) + (f(3, 4) + f(4, 3)) = F_2. \end{aligned}$$

Первое неравенство в (П.2.53) доказано.

Частными случаями (П.2.54) являются следующие четыре неравенства

$$\begin{aligned} f(1, 1) + f(4, 4) &< f(4, 1) + f(1, 4), \\ f(1, 1) + f(3, 3) &< f(1, 3) + f(3, 1), \\ f(2, 2) + f(3, 3) &< f(3, 2) + f(2, 3), \\ f(2, 2) + f(4, 4) &< f(2, 4) + f(4, 2). \end{aligned}$$

Сумма левых частей этих неравенств, согласно (П.2.20), равна $2F_0$. Сумма правых частей этих неравенств, согласно (П.2.21), (П.2.23), равна $F_1 + F_3$. Следовательно, $2F_0 < F_1 + F_3$, что равносильно последнему неравенству в (П.2.53).

Рассмотрим следующие неравенства, вытекающие из (П.2.54)

$$\begin{aligned} f(4, 1) + f(2, 4) &> f(2, 1) + f(4, 4), \\ f(1, 3) + f(3, 2) &> f(1, 2) + f(3, 3). \end{aligned}$$

Сумма выражений в левых частях этих неравенств, согласно (П.2.21), равна F_1 . Сумма выражений в правых частях этих неравенств больше, чем F_0 , поскольку, согласно (П.2.54),

$$f(2, 1) + f(1, 2) > f(1, 1) + f(2, 2). \quad (\text{П.2.55})$$

Доказано второе неравенство в (П.2.53).

Рассмотрим вытекающие из (П.2.54) неравенства

$$f(3, 1) + f(2, 3) > f(2, 1) + f(3, 3) + f(4, 2) + f(1, 4) > f(1, 2) + f(4, 4).$$

Сумма величин в левой части этих неравенств, согласно (П.2.23), равна F_3 . Из (П.2.55) следует, что сумма в правой части приведенных выше двух неравенств больше, чем F_0 . Это доказывает третье неравенство в (П.2.53). Теорема доказана.

Согласно доказанной здесь теореме, существующая ныне дата хозяйственного года наименее эффективна по критерию среднегодовой эффективности производства. Наиболее эффективной является либо 1 апреля, либо 1 октября. Из последнего неравенства в (П.2.53) следует, что

$$\max\{F_1, F_3\} > F_2.$$

П.2.3. Влияние даты начала хозяйственного года на качество годовых планов

Это влияние будем анализировать отдельно для строительства, сельского хозяйства и промышленности. Транспорт в данном случае можно не рассматривать, поскольку надежность годовых планов перевозок зависит от надежности планов других отраслей народного хозяйства. Реальность и точность планов перевозок министерств почти полностью предопределяются надежностью прогнозов потребности в перевозках. Особенно это относится к планам перевозок топливных грузов, а в осеннем периоде – сельскохозяйственной продукции.

Основная часть строительно-монтажных работ и ремонтов производится летом. Поэтому строителям, вероятно, удобно начинать хозяйственный год 1 апреля. К началу весны точнее определяются производственные возможности

строительных организаций на лето, проясняется потребность в новом строительстве и ремонтах. Составление годовых планов непосредственно перед началом строительного сезона делает их более реальными.

Для сельского хозяйства лето – решающее время года. Планирование структуры посевных площадей, сроков и объемов проведения аграрно-технических мероприятий также следует проводить непосредственно перед началом сельскохозяйственных работ. В это время уточняются производственные мощности и трудовые ресурсы, точнее прогнозируются природно-климатические условия летнего периода. Поэтому для планирования сельскохозяйственного производства рациональнее начинать хозяйственный год с 1 апреля. Для планирования распределения продукции полеводства хозяйственный год удобнее начинать с 1 октября, т. е. после сбора урожая.

Для многих отраслей промышленности, таких как горнорудная и топливная, лето – это период подготовки запасов для зимы. Составление годовых планов производства в этих отраслях рациональнее заканчивать к началу подготовки ко второй половине года.

Надо заметить, что во многих сферах экономической деятельности весной и производится первая корректировка текущих планов с учетом того, как закончилась зима. Весной осуществляется разработка планов по подготовке к зиме следующего года. Эти мероприятия, например, в системе топливоснабжения, очень разнообразны: от изменения плановых заданий на производство топлива, до изменений распределения топлива по потребителям. Таким образом, такую разработку мероприятий по подготовке к следующей зиме можно рассматривать как новый текущий план системы топливоснабжения. Следует сказать, что изменение планов топливоснабжения сильно сказывается на планах других отраслей народного хозяйства, особенно на транспорте, поскольку топливные грузы составляют около трети объема перевозок транспортом общего пользования.

Установление начала хозяйственного года с 1 октября имеет свои преимущества также для промышленности, особенно перерабатывающей. К осени точ-

нее определяются объемы сезонных запасов сырья и топлива, запасы продовольственных товаров, возможности ввода новых мощностей. В этот период легче решать вопросы рационального распределения многих видов продукции и освоения новых мощностей.

Таким образом, с точки зрения точности планирования нельзя отдать предпочтение началу хозяйственного года ни с 1 апреля, ни с 1 октября. По одним показателям для народнохозяйственных планов больше подходит первая дата, по другим – вторая. Если выбрать одну из них, то через полгода по ряду показателей потребуется уточнение и корректировка текущих планов, но это все же лучше, чем необходимость существенных корректировок планов два раза в год – осенью и весной.

Итак, введение критерия качества планирования позволяет несколько сузить неопределенность выбора наиболее рациональной даты начала хозяйственного года, определяемой по критерию максимизации эффективности производства и минимизации издержек при регулировании сезонных колебаний. В данном случае необходимо выбирать между двумя датами – 1 апреля либо 1 октября.

П.2.4. Возможность проведения массовых отпусков летом

С точки зрения возможности проведения массовых отпусков в летнее время, начало хозяйственного года с 1 апреля явно предпочтительнее. Если, например, хозяйственный год будет начинаться с 1 октября, то наибольший объем плановой и отчетной работы придется на конец лета и начало осени, а минимум – на вторую половину осени и начало зимы. Соответственно, должны будут меняться сезоны отпусков работников сферы управления. Несколько более благоприятная ситуация будет при начале хозяйственного года с 1 июля. Но в этом случае в первой половине лета будут невозможны массовые отпуска. Если же наибольшая нагрузка у работников сферы управления придется на период с января по март, что соответствует началу хозяйственного года с 1 апреля, то появится возможность проведения массовых отпусков в летнее время.

При начале хозяйственного года с 1 октября также несколько сократятся возможности отпусков в летнее время и для промышленно-производственного персонала.

Установление даты начала хозяйственного года с 1 июля и, особенно, с 1 октября нежелательно для работников сферы управления, кроме того, в этом случае есть некоторые неудобства, связанные с привлечением дополнительных сил в период наиболее высокой интенсивности сельскохозяйственных работ.

Таким образом, начало хозяйственного года с 1 января не является наиболее удачным ни по одному из рассмотренных критериев. Это свидетельствует о целесообразности переноса начала хозяйственного года на другую дату.

Вместе с тем трудно определенно назвать наиболее рациональную дату начала хозяйственного года. С точки зрения повышения эффективности производства и снижения издержек на покрытие сезонных колебаний конкурирующими вариантами в принципе может выступать любая из дат: 1 апреля, 1 июля и 1 октября. Все же дату 1 апреля можно рассматривать как наиболее предпочтительную. Две другие даты не имеют явных преимуществ, а для отдельных отраслей уступают ей.

Как говорилось выше, критерий качества планирования несколько сужает неопределенность выбора наиболее рациональной даты. Если выбирать между двумя датами: 1 апреля и 1 октября, то, учитывая условия жизни и деятельности людей, в частности, возможности проведения отпусков в летнее время, предпочтительней начинать хозяйственный год с 1 апреля.

П.2.5. Предложения

Оптимальная дата начала хозяйственного года. Трудно однозначно по всем критериям определить наиболее рациональную дату начала хозяйственного года. С точки зрения повышения эффективности производства и снижения издержек на покрытие сезонных колебаний конкурирующими вариантами может выступать 1 апреля, 1 июля и 1 октября. Причем, согласно доказанным здесь тео-

ремам, даты 1 апреля и 1 октября можно рассматривать как наиболее предпочтительные.

По критерию качества планирования в качестве потенциально наиболее эффективной являются также даты 1 октября или 1 апреля.

Если выбирать между двумя датами: 1 апреля и 1 октября, то по критерию возможности проведения массовых отпусков в летнее время предпочтительней начинать хозяйственный год с 1 апреля.

Другие предложения, связанные с возможными изменениями календаря.

1. Целесообразно активно поддержать идею реформирования всемирного календаря. В частности, необходимо избавиться от больших неудобств григорианского календаря, проистекающих от различий в количестве календарных дней разных месяцев. Причем эти различия вызваны порой совершенно случайными событиями.

Например, тридцать первый день в августе появился только ради того, чтобы месяц, названный в честь императора Августа, имел не меньше дней, чем месяц июль, названный в честь императора Юлия Цезаря.

В разработанном еще в середине прошлого века проекте Всемирного календаря предлагается делить год, как и в ныне используемом григорианском календаре, на 4 квартала и 12 месяцев. По три месяца в каждом квартале.

Причем первый месяц каждого квартала должен иметь одно и то же количество дней, а именно 31 день. Второй и третий месяц каждого квартала должны иметь по 30 дней. В итоге в каждом квартале будет 91 день, что соответствует ровно 13 семидневным неделям.

Следовательно, каждый квартал будет начинаться с одного и того же дня недели. Если это будет воскресенье, то в каждом месяце будет одно и то же количество дней с понедельника до субботы.

В году предлагаемого Всемирного календаря 364 дня, имеющих месяц, дату и день недели. В конце года предлагается ввести особый дополнительный день (можно его назвать «День мира») без даты, месяца и дня недели.

Раз в четыре года, с известными по григорианскому календарю исключе-

ниями, можно скажем в конце полугодия (конец второго квартала) вводить дополнительный день.

2. При проведении реформы календаря попутно можно решить ряд других давно назревших задач.

2.1. Например, представляется полезным для такой многоконфессиональной страны, как Россия, поменять название дня недели «воскресенье» на другое, например, на широко употребляемое в славянских странах слово «неделя» (день отдыха). А то, что сейчас называется у нас «неделей» уместно назвать более адекватным словом.

2.2. Есть резон совместить праздничные дни недели иудеев, христиан и мусульман. Существующие расхождения праздничных дней (суббота, воскресенье, пятница) очень неудобны в экономическом отношении и способствуют усилению противоречий у этих однокоренных религий. В США еврейская община перенесла «шабат» на воскресенье.

При реформировании календаря совмещение дат недельных праздников не будет проявляться как уступка одних религиозных конфессий другим. Все конфессии начнут жизнь в новом календаре с одинаковых стартовых условий.

2.3. Есть резон переименовать название месяцев года в России на более понятные и адекватные названия. Используемые сейчас названия ничего не выражают для подавляющего числа россиян. Кому известно, кто такая богиня Майя? Оставшиеся «номерные» месяцы с сентября по декабрь явно по своим номерам не соответствуют их положению в календаре.

При проведении реформы календаря важно всесторонне обсудить, с учетом особенностей разных стран, выбор наилучшей даты начала года. Представляется вполне естественным, рассматривать в качестве таких дат дни весеннего (21–22 марта) или осеннего (21–22 сентября) равноденствия. Эти даты будут вполне разумно рассматривать и в качестве дат начала хозяйственного года в России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хрилев Л.С. О влиянии климатического фактора на перспективную структуру топливно-энергетического баланса // Теплоэнергетика. 1966. № 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, 1979. 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. и др. Надежность топливоснабжения электростанций. Методы и модели исследований. М.: Наука, 1990. 199 с.
6. Мазур Ю.Я. Проблемы маневренности в развитии энергетики. М.: Наука, 1986. 94 с.
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, 1975. 191 с.
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. Кругерис 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. С. 35–50.
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. 1976. № 1. С. 7–24.
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. Тбилиси: НС КПЭ, 1970. Т. 1.
22. Синяк Ю.В., Разыков В.А. Моделирование топливопотребления сложной электроэнергетической системы // Вопр. 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 // Метод. вопр. 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. С. 22–27.
26. Фурман И.Я. Регулирование неравномерности газопотребления. М.: Недра, 1973. 200 с.
27. Фурман И.Я., Печейкин В.А. 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. // Вопр. регулирования топливоснабжения. М.: ЦЭМИ АН СССР, 1972. С. 20–35.
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. Сер. общ. наук. 1963. № 1. С. 63–65.
31. Хрилев Л.С. Применение теории вероятности для определения расчетных расходов газа // Газовая промышленность. 1964. № 12. С. 27–30.
32. Хрилев Л.С. Методика оценки климатического фактора при разработке схем топливо- и газоснабжения // Мат. методы в экономике газо- и нефтеснабжения. М.: Недра, 1966. С. 35–52.
33. Зоркальцев В.И. Влияние сезонного фактора на промышленное производство // Изв. СО АН СССР. Сер. общ. наук. 1978. № 2.
34. Зоркальцев В.И. Методы прогнозирования и оптимизации при текущем планировании (на примере системы топливоснабжения): дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13. Иркутск: СЭИ СО АН СССР, 1978. 122 с.

35. Зоркальцев В.И. Методы прогнозирования и анализа эффективности функционирования системы топливоснабжения: дис. ... д-ра экон. наук: 05.13.16. Сыктывкар: АН СССР, Коми НЦ УрО АН СССР, 1988. 284 с.
36. Зоркальцев В.И., Криворучкий Л.Д., Малевская Т.В. и др. Экономико-математическая модель для анализа надежности ТЭК // Метод. вопр. исследования надежности больших систем энергетики. Ереван: Айастан, 1983. Вып. 24. Кн. 1. С. 51–57.
37. Зоркальцев В.И. Методы прогнозирования и анализа эффективности функционирования системы топливоснабжения. М.: Наука, 1988. 144 с.
38. Зоркальцев В.И., Шевелев В.В. Модель управления запасами с учетом сезонных и случайных колебаний // Вопр. оптимизации отраслевых систем в районах нового освоения. Новосибирск: ИЭиОПП СО АН СССР, 1978.
39. Зоркальцев В.И. Учет сезонной неравномерности топливопотребления в моделях краткосрочного планирования // Метод. вопр. исследования надежности больших систем энергетики. Иркутск: СЭИ СО АН СССР, 1978. Вып. 13.
40. Зоркальцев В.И., Чельцов М.Б. 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 // Метод. вопр. 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 // Метод. вопр. исследования надежности больших систем энергетики. Ереван: Айастан, 1983. Вып. 24.
44. Зоркальцев В.И. Моделирование сезонной неравномерности топливо- и энергоснабжения при текущем планировании топливно-энергетического комплекса // Моделирование и оптимизация больших систем энергетики. Иркутск: СЭИ СО АН СССР, 1975.

45. Балабанова Г.Д., 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 фил. АН СССР, 1986. Вып. 56. 22 с.
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. С. 63–72.
48. Зоркальцев В.И., Иванова Е.Н., Певный А.Б. Обоснование целесообразности введения нормативов на страховые запасы топлива многолетнего регулирования // Метод. вопр. исследования надежности больших систем энергетики. Новосибирск: Наука, 1988. Вып. 31.
49. Зоркальцев В.И., Колобов Ю.И. Имитационная модель для изучения надежности топливоснабжения теплогенерирующих установок // Труды Коми НЦ УрО АН СССР. 1984. С. 33–39.
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. С. 14–22.
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 // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Вып. 38. Надежность систем энергетики регионов севера. Сыктывкар: Коми НЦ УрО АН СССР, 1991.
52. Зоркальцев В.И. Вопросы надежности топливно-энергетического комплекса СССР // Проблемы развития Тимано-Печерского топливно-энергетического комплекса. Сыктывкар: Коми НЦ УрО АН СССР, 1983.
53. Зоркальцев В.И., Хажеев И.И. Исследования 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. школы-симпозиума АМУР–2014 "Анализ, моделирование, управление, развитие экономических систем". Симферополь: ГФУ, 2014. С. 145–149.
56. Губий Е.В., Зоркальцев В.И. Анализ надежности топливоснабжения с энергетических плантаций // Материалы III Междунар. науч.-практ. конф. «Климат, экология, сельское хозяйство Евразии». – Иркутск: ИрГАУ, 2014. С. 145–152.
57. Гневко Г.Т. Средняя месячная температура воздуха и продолжительность отопительного периода с температурой воздуха ниже 8 °С для экономических районов СССР. В 2 ч. Обнинск: ВНИИГМИ–МЦД, 1981. 100 с.
58. Зоркальцев В.И. Анализ колебаний потребности в топливе на отопление по экономическим районам СССР на основе многолетних наблюдений температур // Тр. XII Байкальской междунар. shk.-семинара «Методы оптимизации и их приложения». Пленарные докл. Иркутск: ИДСТУ СО РАН, 2001. С. 143–157.
59. Зоркальцев В.И. О необходимости резервов и запасов на случай холодных зим // Сб. матер. Междунар. постоянно действующего семинара «Гомео статика живых, природных, технических и социальных систем». Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2001. С. 134–141.
60. Зоркальцев В.И. Колебания потребностей в топливе на отопление по экономическим районам СССР. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 1998. 26 с.
61. Зоркальцев В.И. Хорошо бы знать заранее... // ЭКО. 2010. № 5. С. 76–89.
62. Зоркальцев В.И. Серии холодных зим // ЭКО. 2010. № 6. С. 115–120.
63. Зоркальцев В.И. Закономерности холодных и теплых зим // Энергия. – 1993. – № 6.
64. Зоркальцев В.И. Многолетние колебания температур и проблемы надежности топливоснабжения. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2015. 84 с.
65. Зоркальцев В.И. Обоснование выбора регрессионной модели для анализа и прогнозирования процессов топливоснабжения с сезонной составляющей // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. 1978. № 3. С. 135–143.
66. Зоркальцев В.И. Метод наименьших квадратов: геометрические свойства, альтернативные подходы, приложения. Новосибирск: Наука, 1995. 220 с.

67. Великанов М.А. Основы многолетнего регулирования топливоснабжения с учетом изменчивости гидрометеорологических условий: дис. ... д-ра техн. наук: 05.09.01. М.: ЦЭМИ РАН, 1997. 270 с.
68. Зоркальцев В.И. Модели и методы анализа средств регулирования колебаний расхода топлива на отопление (на основе метеорологических данных) // Тр. Вост.-Сиб. отд-ния Академии проблем водохозяйственных наук. Иркутск, 2002.
69. 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 АН СССР, 1990.
70. Френкель А.А. Математические методы анализа динамики и прогнозирования производительности труда. М.: Экономика, 1972. 190 с.
71. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. М.: Статистика, 1977. 200 с.
72. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов: Прогноз и управление. М.: Мир, 1974. 406 с.
73. Гренджер К., Хатанака М. Спектральный анализ временных рядов в экономике. М.: Статистика, 1972. 312 с.
74. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1971. 317 с.
75. Маленво Э. Статистические методы в эконометрии. Вып. 1, 2. М.: Статистика, 1975. 424 с. 1976. 325 с.
76. Хеннан Э. Многомерные временные ряды. М.: Мир, 1974. 576 с.
77. Кендэл М. Временные ряды. М.: Финансы и статистика, 1981. 202 с.
78. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. М.: Мир, 1976. 756 с.
79. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. М.: Юнити, 1998. 1022 с.
80. Суслов В.И., Ибрагимов Н.М., Тальшева Л.П., Цыплаков А.А. Эконометрия: Учебное пособие. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. 744 с.
81. Бессонов В.А. Проблемы анализа российской макроэкономической динамики переходного периода. М.: ИЭПП, 2005. 244 с.

82. Lovell M.C. Seasonal adjustment of economic time series and multiple regression analysis // J. of Amer. Statist. Assoc. 1963. Vol. 58. P. 993–1010.
83. Гольдштейн А.И. Теоретические разработки вопросов исчисления сезонных изменений и новый метод их исчисления // Тр. конъюнктурного ин-та. М.: Изд-во ЦСУ СССР, 1929. Т. 1. С. 19–33.
84. Henshaw R.C. Application of the general linear model to seasonal adjustment of economic time series // Econometrica. 1966. Vol. 34. P. 381–395.
85. Люстерник Л.А., Соболев В.И. Элементы функционального анализа. – М.: Наука, 1965. 520 с.
86. Зоркальцев В.И, Хажеев И.И. Как климат влияет на экономику // ЭКО. 2015. № 7. С. 147–162.
87. Кюстин А. де. Россия в 1839 году. СПб.: Крига, 2008. 704 с.
88. Дьяков Ю.Л., Бушуева Т.С. Фашистский меч ковался в СССР. М.: Сов. Россия, 1992. 384 с.
89. Паршев А.П. Почему Россия не Америка. М.: Крымский мост-9Д, 1999. 415 с.
90. Географический справочник «О странах». Плотность населения стран мира. [Электронный ресурс]. URL: http://ostranah.ru/lists/population_density.php (дата обращения: 30.03.2015).
91. Архив метеоданных Всемирной метеорологической организации (World Meteorological Organization, WMO). [Электронный ресурс]. URL: <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/gsod/> (дата обращения: 30.03.2015).
92. 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).
93. 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).
94. Зоркальцев В.И. Индексы цен и инфляционные процессы. Новосибирск: Наука, 1996. 279 с.
95. Зоркальцев В.И. Управление ТЭК при двухсекторной экономике // Изв. РАН. Энергетика. 1994. № 1. С. 7–16.

96. Рабчук В.И., Пяткова Н.И., Сендеров С.М. и др. Стратегические угрозы энергетической безопасности России до 2020 года. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2004. 41 с.
97. Пяткова Н.И., Рабчук В.И., Сендеров С.М. и др. Энергетическая безопасность России: проблемы и пути решения. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. 198 с.
98. Зоркальцев В.И. Когда лучше начинать хозяйственный год // Проблемы управления экономическими системами. Новосибирск: ИЭиОПП СО АН СССР, 1980. С. 102–120.
99. Зоркальцев В.И. Начало хозяйственного года // ЭКО. 1981. № 9.
100. Зоркальцев В.И. Проблема выбора наилучшей даты начала хозяйственного года. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2016. 32 с.
101. Зоркальцев В.И. Проблемы выбора наилучшей даты начала хозяйственного года // Сб. науч. тр. X Междунар. школы-симпозиума АМУР–2016 "Анализ, моделирование, управление, развитие социально-экономических систем". Симферополь: КФУ, 2016. С. 135–139.
102. Календари в культуре народов мира. М.: Наука, 1993. 272 с.
103. Селешников С.Г. История календаря и хронология. М.: Наука, 1977. 224 с.
104. Хренов Л.С., Голуб И.Я. Время и календарь. М.: Наука, 1989. 128 с.
105. Шур Я.И. Время и календарь // Детская энциклопедия. М.: Просвещение, 1964. С. 145–158.
106. Михайлов А.А. Земля и ее вращение. М.: Наука, 1984. 80 с.
107. Рыбаков Б.А. Язычество Древней Руси. М.: Наука, 1988. 784 с.

Научное издание

ЗОРКАЛЬЦЕВ Валерий Иванович

**Многолетние вариации температур и их влияние на
экономику и энергетику**

Редактор *А.В. Владимирова*

Подписано в печать 14.12.2017. Формат 70x80 1/16. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 6.8. Уч.-изд. л. 6.0 Тираж 500. Заказ № 145.

ООО «Академическое издательство «Гео»
630055, Новосибирск, ул. Мусы Джалиля, 3/1.
Тел. (383) 328-31-13, <http://www.izdatgeo.ru>
Отпечатано полиграфическим участком ИСЭМ СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 130