

УДК 658.5:622.32

ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ РАЗВИТИЯ И ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ (ЭММ) ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ (ТЭК) НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ И АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ

^{1,2}Жуков А.В., ¹Кусраева Д.Э., ^{1,2}Жукова Ю.А., ¹Звонарев М.И., ¹Шмелев А.А.

¹Дальневосточный федеральный университет, Владивосток;

²ООО НПК «Примор-Карбид», Владивосток, e-mail: yul25juk@mail.ru

Рассмотрены научно-методические принципы, проблемы и специфика регионов Дальнего Востока, требующие разработки новых и совершенствования существующих методов планирования и управления экономикой регионов на основе использования нелинейных экономико-математических моделей (ЭММ). Представлены основные экономико-математические модели, методы оптимизации и динамические задачи размещения предприятий ТЭК. Также рассмотрены: производственно-транспортная задача оптимального размещения промышленного производства традиционных и альтернативных энергоносителей (задача размещения предприятий с ограниченными объемами производства); задача оптимального размещения предприятий совместно со связующими их коммуникациями. Раскрыты перспективы создания в Дальневосточном федеральном округе горно-химического предприятия на основе ресурсо- и энергосберегающих технологий с получением продукции топливного и нетопливного назначения. Реализация региональных программ развития и экономико-математических моделей позволяет комплексно определять и оптимизировать параметры проектирования и размещения топливно-энергетических комплексов.

Ключевые слова: разработка, региональные программы, развитие, размещение, эффективность, топливно-энергетические комплексы, энергоносители, экономико-математические модели, методы оптимизации, производственно-транспортные задачи, оптимальное, предприятия, коммуникации

DESIGN PRINCIPLES FOR REGIONAL PROGRAMS AND ECONOMICAL-MATHEMATICAL MODELS (EMM) OF EFFICIENCY ENGINEERING OF FUEL AND ENERGY COMPLEXES (FEC) ON THE BASE OF TRADITIONAL AND ALTERNATIVE ENERGY SOURCES' APPLICATION

^{1,2}Zhukov A.V., ¹Kusraeva D.E., ^{1,2}Zhukova Yu.A., ¹Zvonarev M.I., ¹Shmelev A.A.

¹Far-Eastern Federal University, Vladivostok;

²«Primor-Carbide» Co LTD, Vladivostok, e-mail: yul25juk@mail.ru

The scientific-methodological principles, problems and specific character of Far-Eastern regions, requiring development of new and updating of existing methods of planning and management of regional economics on the base of application of nonlinear economical-mathematical models (EMM) are presented here. The main economical-mathematical models, optimization methods and dynamical problems of the location of fuel and energy complexes' enterprises are discussed in this paper. Also the following questions are considered: production-transportation task for optimal location of industrial production of traditional and alternative energy sources (task of enterprises' location with limited production capacity); task of optimal location of enterprises together with connecting supply lines. The perspectives for establishment of mining-chemical enterprise on the base of resource- and energy-efficient technologies with obtaining of production of fuel and non-fuel application in Far-Eastern Federal region are covered here too. Realization of regional programs for development and economical-mathematical models permits identify and optimize in a single package the parameters of designing and location of fuel and energy complexes.

Keywords: designing, regional programs, development, location, efficiency, fuel and energy complexes, energy sources, economical-mathematical models, optimization methods, production-transportation tasks, optimal, enterprises, supply lines

Основой региональной политики является учет специфики регионов в общероссийской структуре, перенос основных направлений экономических реформ на региональный уровень, решение проблем охраны природы и рационального использования природных ресурсов. В то же время необходимы меры по пространственной интеграции экономики России, проведению жесткой федеральной налоговой политики, укреплению общероссийского рынка наряду с развитием региональных рынков. Для отдельных регионов необходима разработка социальных государственных региональных программ и финансирование из государственного бюджета. В первую очередь это относится к регионам с уникальными природными ресурсами, освоение которых не под силу органам местного самоуправления, а также к регионам наиболее экономически отсталым и регионам с экстремальными экологическими условиями.

ду с развитием региональных рынков. Для отдельных регионов необходима разработка социальных государственных региональных программ и финансирование из государственного бюджета. В первую очередь это относится к регионам с уникальными природными ресурсами, освоение которых не под силу органам местного самоуправления, а также к регионам наиболее экономически отсталым и регионам с экстремальными экологическими условиями.

Вместе с тем современные проблемы регионального развития Дальнего Востока требуют разработки новых и усовершенствования имеющихся методов планирования и управления экономикой регионов. Эти методы должны учитывать специфику регионов, развитие которых опирается, прежде всего, на рациональное использование собственных топливно-энергетических, промышленных и природных ресурсов.

В региональной программе должна быть увязана деятельность нескольких отраслей, а также вопросы, связанные с развитием инфраструктуры, транспорта, с рациональным использованием природных, материальных и трудовых ресурсов, с охраной окружающей среды.

Начиная с шестидесятых годов XX века для формализованного описания процесса комплексного освоения территорий стали использоваться нелинейные экономико-математические модели [1, 5–10].

Основными проблемами, возникающими в процессе решения этих задач, являются следующие:

- многоэкстремальность и многокритериальность;
- взаимовлияние различных факторов, имеющее нелинейный характер;
- неопределенность исходной информации;
- неформализуемость описания процесса освоения природных ресурсов;
- необходимость динамического проектирования.

За последние 40–50 лет разработан достаточно мощный арсенал методов оптимизации и оптимального управления, с помощью которых оказалось возможным решение различных новых задач. К ним относятся аппроксимационно-комбинаторный метод декомпозиции и композиции систем. Он позволяет математически обоснованно осуществлять декомпозицию сложной задачи проектирования (планирования) схем комплексного освоения территорий на совокупность более простых частных задач с последующим синтезом комплексного проекта. Этот метод позволяет выполнять реальные проекты региональных программ при условии многокритериальности и некорректности, при этом обоснованно используются методы имитации и оптимизации.

Для слабо развитых или новых территорий основными задачами становятся следующие:

– определение мест строительства и динамики развития мощностей новых предприятий;

– проектирование динамики развития и реконструкции существующих предприятий различных отраслей;

– расчет структуры пропускных способностей и динамики развития систем транспортных коммуникаций;

– формирование системы расселения населения.

Для таких территорий могут быть использованы балансовые методы для определения объемов потребления и выпуска продукции внутри региона и для определения объемов ввоза продукции в район и вывоза ее из района. Для ориентировочной оценки затрат ресурсов и материально-технических средств, необходимых для освоения района, могут быть использованы методы нелинейного программирования. Однако эти методы не смогли дать удовлетворительного результата при разработке схем и программ комплексного освоения территорий, т.к. последние плохо описываются с помощью линейных моделей. В региональной экономике большое внимание уделяется изучению новых форм размещения производительных сил, одной из которых является народнохозяйственный (территориально-производственный) комплекс, представляющий собой сочетание предприятий и сооружений отраслей специализации, производственной и социальной инфраструктуры, расположенный на большой территории хозяйственного освоения.

В данной статье основное внимание уделяется оптимизации параметров проектирования и размещения топливно-энергетических производственных комплексов (ТЭК) Сахалинской области и Камчатского края. Территории, проектирование освоения которых производится на основе вышеприведенной генеральной схемы, характеризуются следующими основными свойствами [3, 4]:

- на территории имеются природные ресурсы в таких объемах и такой значимости, что их освоение является крупной проблемой развития экономики региона;
- границы проектируемой территории определяются ее географическим расположением, расположением осваиваемых природных ресурсов, административно-территориальным делением и экономическими оценками;

– освоение ресурсов территории представляет длительный процесс, требующий увязки во времени программ развития различных отраслей;

– различные отрасли, участвующие в освоении территорий, должны развиваться на базе единой инфраструктуры и совместного использования ресурсов;

– рассматриваемый объект с точек зрения территориальной и производственно-экономической может иметь иерархическую структуру.

Проектирование генеральных схем освоения территории должно основываться на комплексном географо-экологическом, горногеологическом и экономическом анализе природных условий, сложившихся в рассматриваемом регионе к началу проектирования. Такому анализу подвергаются следующие основные элементы окружающей среды и минеральных ресурсов:

– рельеф, почвы, растительность, атмосфера, воды, промышленность, транспорт, сельское хозяйство, трудовые ресурсы;

– минеральные ресурсы, степень разведанности их запасов, разведанные и прогнозируемые объемы, экологические ограничения;

– социально-экономическая характеристика региона, развитие энергетической и транспортной систем, производственной деятельности.

Разработанные математические основы и принципы построения диалоговых систем позволяют составлять

экономико-математические модели и решать задачи, встречающиеся при выполнении проектов комплексного освоения топливно-энергетических ресурсов региона [2, 7, 8].

Основные экономико-математические модели и методы оптимизации; динамические задачи размещения

Введем следующие обозначения $J = \{1, 2, \dots, n\}$ – множество начальных технологических комплексов (НТК), места расположения которых считаются заданными; $I = \{1, 2, \dots, m\}$ – множество возможных мест размещения промежуточных технологических комплексов (ПТК); $T = \{1, 2, \dots, t\}$ – множество лет планового периода;

$c_{ij}^t \left(\sum_{s=1}^{t-1} x_{ij}^s, x_i^t \right)$ – стоимость транспорти-

ровки в момент времени $t \in T$ количества продукции x_{ij}^t , направляемой в этот момент времени j -го НТК ($j \in J$) к i -му ПТК; q_j^t – производительность j -го НТК ($j \in J$) в момент времени $t \in T$; a_i^t, a_i^{-t} , – соответственно

нижнее и верхнее ограничения на x_i^t – мощность i -го ПТК; $q_i^t \left(\sum_{s=1}^{t-1} x_j^s, x_i^t \right)$ – стоимость

переработки продукции в момент времени $t \in T$ в i -м ПТК ($i \in I$). Рассматриваются

функции затрат $c_{ij}^t \left(\sum_{s=1}^{t-1} x_{ij}^s, x_i^t \right), q_i^t \left(\sum_{s=1}^{t-1} x_j^s, x_i^t \right)$

следующего вида:

$$c_{ij}^t \left(\sum_{s=1}^{t-1} x_{ij}^s, x_i^t \right) = \left\{ \left(c_{ij}^1 + c_{ij}^2 x_{ij}^t \right) \lambda^t \text{sign} \left(x_{ij}^t \right) \text{ при } \sum_{s=1}^{t-1} x_{ij}^s = 0; c_{ij}^2 \lambda^t x_{ij}^t, \text{ при } \sum_{s=1}^{t-1} x_{ij}^s > 0 \right\},$$

где c_{ij}^1 – затраты на строительство коммуникаций между i -м ПТК и j -м НТК, осуществляемые один раз за период планирования и не зависящие от объема перевозок; c_{ij}^2 – затраты на транспортировку единицы продукции; λ^t – коэффициент дисконтирования в момент времени $t \in T$.

$$q_i^t \left(\sum_{s=1}^{t-1} x_j^s, x_i^t \right) = \left\{ \left(d_i + k_i x_i^t \right) \lambda^t \text{sign} \left(x_i^t \right), \text{ при } \sum_{s=1}^{t-1} x_j^s = 0; k_i \lambda^t x_i^t, \text{ при } \sum_{s=1}^{t-1} x_j^s > 0 \right\},$$

где d_i – затраты на строительство j -го НТК, осуществляемые один раз за период планирования и не зависящие от объема перерабатываемой продукции, k_i – затраты на переработку единицы продукции в i -м ПТК.

Одноэтапные динамические задачи размещения используются при проектировании генеральных схем обустройства технологических систем первого типа. Для технологических схем второго типа и более высоких типов разработаны модели многоэтапных динамических задач размещения.

Обустройство угольных, нефтяных и газовых месторождений занимает основное место в развитии угольной, нефтяной и газовой промышленности региона при создании производственных мощностей по добыче угля, нефти и газа. В определенный период добыча на разрабатываемых месторождениях неизбежно падает.

Для обеспечения необходимого прироста объемов добычи требуется разработка новых месторождений. Обустройство нефтяных месторождений – это процесс создания на территории месторождения смежного комплекса сооружений и коммуникаций (скважины, объекты и сооружения сбора, транспортировки, сепарации, подготовки продукции, скважин для сдачи ее потребителям, автодороги, линии электропередачи и т.д.), который часто осложняется географическими и климатическими особенностями, застройкой, наличием водных преград, заболоченностью отдельных участков, ценностью земель для сельского и лесного хозяйства, наличием заповедников и особо охраняемых территорий и др. В результате процесс проектирования топливно-энергетических территориально-производственных комплексов становится сложной многоцелевой задачей, направленной на сокращение капитальных вложений, затрат трудовых и материальных ресурсов, достижение высоких технико-экономических показателей [3, 4].

В процессе разработки нефтяных и газовых месторождений необходимо учитывать специфические особенности, определяемые состоянием их изученности.

Производственно-транспортные задачи оптимального размещения предприятий (задача размещения предприятий с ограниченными объемами производства)

Имеется n пунктов с заданными объемами потребления $b_j > 0$ ($j \in J = \{1, 2, \dots, n\}$) и m пунктов производства (предприятий) с неизвестными, ограниченными сверху объемами производства x_i , $x_i \leq a_i$, $a_i > 0$ ($i \in I = \{1, 2, \dots, m\}$).

Для каждого i заданы величины $T_i \geq 0$ – постоянные затраты (капитальные вложения), не пропорциональные объему производства x_i , необходимые для строительства предприятий. Задана матрица транспортных расходов $C = \|c_{ij}\|$, где $c_{ij} \geq 0$ – стоимость перевозки единицы продукции из пункта производства i в пункт потребления j .

Необходимо определить такие объемы перевозок x_{ij} , чтобы суммарные затра-

ты были минимальны, т.е. требуется найти наименьшее значение функционала

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} + \sum_{i \in I} T_i \operatorname{sign} \left(\sum_{j \in J} x_{ij} \right) \quad (1)$$

при условиях:

$$x_{ij} \geq 0, i \in I, j \in J, \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq a_i, \forall i \in I; \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = b_j, \forall j \in J. \quad (4)$$

Если все $T_i = 0$, то задача становится обычной транспортной задачей линейного программирования. В рассматриваемой задаче предполагается, что не все $T_i = 0$. В этом случае функционал (1) представляет собой разрывную функцию, обладающую большим числом точек минимума над областью (2)–(4).

Предполагается также, что $a_i < B = \sum_{j \in J} b_j$ для всех $i \in I$ или $a_i \geq B = \sum_{j \in J} b_j$ не для всех

$i \in I$, т.к. в случае $a_i \geq B = \sum_{j \in J} b_j$ для всех $i \in I$

получается задача размещения с неограниченными объемами производства. Однако необходимо, чтобы суммарный объем потребления $B = \sum_{j \in J} b_j$ не превышал сумму верхних границ объемов производства.

Задача оптимального размещения предприятий совместно со связующими их коммуникациями

Имеется множество $J = \{1, 2, \dots, n\}$ источников сырья с известными объемами $b_j > 0$. Задано множество пунктов переработки сырья $I = \{1, 2, \dots, m\}$ с известными объемами переработки x_i ($a_i \geq x_i \geq 0$).

Для каждого $i \in I$ задана функция $g_i(x_i)$ стоимости переработки сырья:

$$g_i(x_i) = \{0, \text{ если } x_i = 0; k_i x_i + t_i, \text{ если } x_i \neq 0\}.$$

Переработанное сырье должно быть доставлено к потребителям, расположенным на множестве пунктов Q . Заданы два полных графа возможных коммуникаций, соединяющих источники сырья J с возможными пунктами переработки $I = \text{граф } u_1(J \cup I)$ и пункты переработки с пунктами потребления – граф $u_2(I \cup Q)$. На ребрах $(j, z) \subset u_1$ и $(i, t) \subset u_2$ заданы функции $r_{jz}(w_{jz})$ и $p_{it}(y_{it})$:

$$r_{jz}(w_{jz}) = \{0, \text{ если } w_{jz} = 0; d_{jz} + l_{jz} w_{jz}, \text{ если } w_{jz} \neq 0\};$$

$$p_{it}(y_{it}) = \{0, \text{ если } y_{it} = 0; v_{it} + u_{it} y_{it}, \text{ если } y_{it} \neq 0\},$$

где w_{jz} – объем сырья, транспортируемого по ребру (коммуникации) (j, z) ; y_{it} – объем переработанного сырья, транспортируемого по коммуникации (i, t) ; d_{jz}, v_{it} – стоимость строительства коммуникаций соответственно (j, z) и (i, t) .

На основании рассмотренных выше принципов экономико-математического моделирования процессов комплексного освоения природных ресурсов планируется разработка основных положений программы и ЭММ, включающих следующие разделы: функциональное назначение программы и ЭММ; краткую характеристику методов, алгоритмов и критериев планирования и размещения ТЭК; варианты и этапы размещения ТЭК в Дальневосточном регионе [2, 3, 4, 6, 7].

Оптимизация процессов очередности диверсификации угольных и энергетических предприятий, транспортных коммуникаций, определение их производственных потребностей в заданных районах с учетом специфических особенностей состояния и перспектив развития угольного комплекса области производилась с использованием **модели оптимального размещения предприятий совместно со связующими их коммуникациями**. Выявленные особенности развития нефтегазового комплекса Сахалинской области и, прежде всего, обустройства газовых месторождений позволили сделать вывод о целесообразности применения моделей **производственно-транспортной задачи оптимального размещения предприятий с ограниченными объемами производства и динамической задачи обоснования параметров дальнейшего развития нефтегазового комплекса Сахалинской области**.

Для того чтобы угольная промышленность могла составить конкуренцию газовому топливу, необходимо решить ряд крупных проблем в области чистых угольных технологий. В России действует федеральная научно-техническая программа «Экологически чистая энергетика». В программе рассматриваются основные направления работ и перечислены объекты, на которых они должны проводиться. Особое внимание уделено сжиганию различных углей в котлах с циркулирующим кипящим слоем, газификации и сжиганию твердого топлива в жидком теплоносителе – шлаковом расплаве; энерготехнологическому использованию углей в первую очередь с высоким выходом летучих веществ.

Сегодня становится актуальным применение водородной энергетики при производстве жидких топлив из угля продуктов органического синтеза. В этом случае водорода требуется немного (2,3% мас.), что приводит к приемлемым капитальным затратам, при этом продукты переработки угля легко хранить, накапливать и транспортировать. Таким образом, в перспективе должна развиваться не водородная, а углеводородная энерготехнология, основу которой составляет гидроквалификация углеводородного сырья.

В настоящее время начата разработка «Долгосрочной Программы развития угольной промышленности России на период до 2030 года». Основанием для разработки Программы является протокол совещания у Председателя Правительства РФ В.В. Путина от 24 июня 2010 г. № ВП-П9-35пр (г. Новокузнецк), протокол заседания Комиссии при Президенте РФ по вопросам стратегии развития топливно-энергетического комплекса и экологической безопасности от 26 августа 2013 г. № А60-26-569 и другие документы.

Ответственным исполнителем Программы является Министерство энергетики РФ. В числе соисполнителей Программы Министерство природных ресурсов и экологии РФ, а также Министерство образования и науки РФ, Министерство РФ по развитию Дальнего Востока. Основными подпрограммами, на наш взгляд, являются:

– «Развитие сырьевой базы угольной промышленности и рациональное недропользование»;

– «Развитие производственного потенциала угольной промышленности на основе ее модернизации, завершения реструктуризации, создания новых центров угледобычи».

В этом пункте нами предлагается следующее дополнение: «Выбор и технико-экономическое обоснование приоритетных направлений развития, размещения и диверсификации действующих и вновь проектируемых предприятий топливно-энергетического комплекса, в первую очередь Дальневосточного федерального округа Российской Федерации» за счет совершенствования и выработки новых технических и технологических решений на основе проводимых НИР и ОКР, патентных наработок при добыче, переработке и комплексном использовании угольного минерального сырья.

Список литературы

1. Жуков А.В. Планирование, организация и экономика горного и промышленного производства: учеб. пособие / А.В. Жуков, В.Ф. Шаповалов: Дальневосточный гос. техн. ун-т. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – С. 167–173.
2. Жуков А.В., Жукова Ю.А. Перспективы строительства в Дальневосточном федеральном округе горно-химического предприятия на основе ресурсо- и энергосберегающих технологий переработки углекислотного минерального сырья с получением синтетических газообразных и жидких энергоносителей и продукции нетопливного назначения // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9 (часть 1). – С. 13–17.
3. Жуков А.В., Пилюгин В.Н. Принципы разработки региональной программы развития природно-хозяйственных систем и экономико-математических моделей размещения топливно-энергетических территориально-производственных комплексов // Экономика и менеджмент / под ред. В.А. Рудецкого. – Находка: НИЭИ, 2004. – С. 59–66.
4. Жуков А.В., Пилюгин В.Н. Экономико-экологическое обоснование приоритетных направлений развития природно-ресурсного и производственного потенциала Камчатской области / под ред. В.А. Рудецкого. – Находка: НИЭИ, 2004. – С. 46–50.
5. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. – М.: Наука, 1982.
6. Основные методические положения оптимизации развития и размещения производства / под ред. А.Г. Аганбегяна, Н.П. Федоренко. – М.: Наука, 1978.
7. Сорокин А.П., Авдейко Г.П., Алексеев А.В., Бакланов П.Я., Жуков А.В., Подольян В.И. и др. Стратегия развития топливно-энергетического потенциала Дальневосточного экономического района до 2020 года / под ред. чл.-корр. РАН А.П. Сорокина. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 112 с.
8. Хачатуров В.Р. Математические методы регионального программирования. – М.: Наука, 1989.
9. Хачатуров В.Р. Модели и методы решения многоэкстремальных задач размещения с использованием свойств супермодулярных функций, заданных на булевых решетках // Алгоритм и алгоритмические языки. Пакеты прикладных программ. Функциональное наполнение. – М.: Наука, 1986.
10. Черенин В.П., Хачатуров В.Р. Решение методом последовательных расчетов одного класса задач о размещении производства // Экономика и математические методы. – 1965. – Т. 4. – Вып. 2.

References

1. Zhukov A.V. Planirovanie, organizacija i jekonomika gornogo i promyshlennogo proizvodstva: ucheb. posobie / A.V. Zhukov, V.F. Shapovalov: Dalnevostochnyj gos. tehn. un-t. Vladivostok: Izd-vo DVGTU, 2007. pp. 167–173.
2. Zhukov A.V., Zhukova Ju.A. Perspektivy stroitelstva v Dalnevostochnom federalnom okruge gorno-himicheskogo predpriyatija na osnove resurso- i jenergosberegajushhih tehnologij pererabotki uglekarbonatnogo mineralnogo syrja s polucheniem sinteticheskikh gazoobraznyh i zhidkih jenergonositelej i produkcii netoplivnogo naznachenija // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 9 (chast 1). pp. 13–17.
3. Zhukov A.V., Piljugin V.N. Principy razrabotki regionalnoj programmy razvitija prirodno-hozjajstvennyh sistem i jekonomiko-matematicheskikh modelej razmeshhenija toplivno-jenergeticheskikh territorialno-proizvodstvennyh kompleksov // Jekonomika i menedzhment / pod red. V.A. Rudeckogo. Nahodka: NIJeI, 2004. pp. 59–66.
4. Zhukov A.V., Piljugin V.N. Jekonomiko-jekologicheskoe obosnovanie prioritetnyh napravlenij razvitija prirodno-resursnogo i proizvodstvennogo potencijala Kamchatskoj oblasti / pod red. V.A. Rudeckogo. Nahodka: NIJeI, 2004. pp. 46–50.
5. Marchuk G.I. Matematicheskoe modelirovanie v probleme okruzhajushhej sredy. M.: Nauka, 1982.
6. Osnovnye metodicheskie polozhenija optimizacii razvitija i razmeshhenija proizvodstva / pod red. A.G. Aganbegjana, N.P. Fedorenko. M.: Nauka, 1978.
7. Sorokin A.P., Avdejko G.P., Alekseev A.V., Baklanov P.Ja., Zhukov A.V., Podoljan V.I. i dr. Strategija razvitija toplivno-jenergeticheskogo potencijala Dalnevostochnogo jekonomicheskogo rajona do 2020 goda / pod red. chl.-korr. RAN A.P. Sorokina. Vladivostok: Dalnauka, 2001. 112 p.
8. Hachaturov V.R. Matematicheskie metody regionalnogo programirovanija. M.: Nauka, 1989.
9. Hachaturov V.R. Modeli i metody reshenija mnogoekstremalnyh zadach razmeshhenija s ispolzovaniem svojstv supermoduljarnyh funkcij, zadannyh na bulevykh reshetkah // Algoritm i algoritmicheskie jazyki. Pakety prikladnyh programm. Funkcionalnoe napolnenie. M.: Nauka, 1986.
10. Cherenin V.P., Hachaturov V.R. Reshenie metodom posledovatelnyh raschetov odnogo klassa zadach o razmeshhenii proizvodstva // Jekonomika i matematicheskie metody. 1965. T. 4. Vyp. 2.