

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ

Труды
ордена Трудового Красного Знамени
Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова

Выпуск 528

**ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
В ОБЛАСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ**

*Под редакцией
канд. техн. наук Г. П. ВИМБЕРГА*



ЛЕНИНГРАД ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ 1989

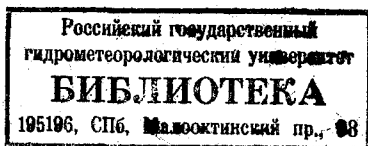
УДК (551.5 + 551.46) : (519.2 + 001:33)

Приводятся результаты исследований по оценке эффективности использования новой техники и гидрометеорологической информации в народном хозяйстве, а также по экономическому анализу и оценке результатов деятельности научных учреждений.

Рассчитан на специалистов гидрометеорологического профиля, занимающихся оценкой эффективности гидрометеорологической информации и на работников планово-экономических подразделений, занимающихся вопросами экономики науки.

The publication presents the results of studying the efficiency of using the new technology and hydrometeorological information in national economy, as well as economic analysis and estimation of the results of research institutions activities.

It is meant for specialists in hydrometeorology engaged in estimation of the hydrometeorological information efficiency and for workers of planning divisions dealing with science economics problems.



П 1805040400-166 30-88 (2)
069 (02) -89

ISBN 5-286-00206-4

© Главная геофизическая
обсерватория
им. А. И. Воейкова (ГГО), 1989

350411

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ И ЗНАЧИМОСТЬ СРЕДСТВ ЕЕ ПОЛУЧЕНИЯ

Построение эффективной системы гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства неразрывно связано с решением следующих задач: нахождения показателей оценки ценности гидрометеорологической информации; установления структурных и функциональных связей; определения роли и места каждого средства и источника информации в системе информационного обеспечения; оценки исходного объема и качества получаемой информации и т. п.

В общем случае система гидрометеорологического обеспечения представляет собой сложную человеко-машинную информационно-измерительную систему, осуществляющую сбор, накопление, передачу, обработку и распространение информации о параметрах состояния природной среды заинтересованным потребителям. Проектирование такой системы с теоретико-информационной точки зрения связано с решением двух групп задач.

К первой группе относятся задачи по определению объемов информации, циркулирующей в системе, ее эффективному кодированию, оценке и согласованию пропускной способности измерительных средств и систем обработки информации, каналов приема, по передаче и распространению данных, определению быстродействия и информационной производительности системы.

Во вторую группу входят задачи по рациональной организации системы гидрометеорологического обеспечения, удовлетворяющей требованиям множества потребителей при минимуме затрат на получение информации, а также по определению роли и места каждого средства и источника получения информации в системе; оптимальному комплексированию измерительных средств и др.

Задачи первой группы успешно решаются на так называемом структурно-синтактическом уровне с привлечением развитых методов шенноновской теории информации. Для синтактического аспекта характерно использование вероятностно-статистического подхода к определению количества информации, абстрагирование от смыслового содержания и ценности информации, а также отвлечения от роли человека в каналах передачи данных и его свойств как потребителя (получателя) информации.

Решение задач второй группы связано с анализом прагматического аспекта, при котором рассматривается отношение „потребитель информации – информация – цель”.

Ценность как прагматическое отношение проявляется лишь в том случае, если имеется потребитель информации, источник ее получения и цель, которую должен достигнуть потребитель, используя данную информацию. Прагматическая оценка ценности информации требует строгой ориентации каждого вида информации на конкретную задачу, решаемую потребителем. Вне конкретных задач вопрос о ценности информации бессмысленен.

В настоящее время при решении проблемы оценки ценности информации реализуются следующие подходы.

1. Целенаправленный подход, исходящий из фундаментального характера связи прагматических свойств информации с категорией цели. В этом подходе мерой ценности информации является разность значений оценочного функционала (или критериальной функции), характеризующая изменение степени достижения цели, обусловленное влиянием поступившей в систему информации. Область использования данного подхода ограничена классом систем, цель функционирования которых четко определена, т. е. систем, решающих конкретную задачу или совокупность задач при заданном показателе эффективности. При этом показатели эффективности должны учитывать влияние поступающей информации и ее качества на успешность решения этих задач.

Основным недостатком целенаправленного подхода является то обстоятельство, что для каждой задачи, решаемой системой с использованием одной и той же информации, оказывается необходимым пользоваться отдельным показателем эффективности, в связи с чем полученные оценки ценностей могут быть несопоставимыми.

2. Теоретико-игровой подход, основанный на использовании математического аппарата теории игр и статистических решений. В данном подходе в качестве меры ценности информации используется разность цен двух аналогичных игр (при одинаковой функции потерь или выгоды), в первой из которых для принятия решения используется информация, а во второй нет.

Область использования теоретико-игрового подхода ограничена классом систем принятия различных управленческих решений. Это прежде всего системы управления народным хозяйством, отраслью, производством, проектированием; системы планирования испытаний техники и экспериментов; системы автоматизированного контроля, технической диагностики, обнаружения, распознавания и др.

3. Вероятностно-алгоритмический подход, основанный на понятии „полезная информация” и использующий для оценки ценности информации традиционные методы математической статистики и понятия теории алгоритмов.

В качестве меры ценности информации в данном подходе используется изменение неопределенности решения задачи в результате получения информации.

Вероятностно-алгоритмический подход применим к оценке ценности информации в системах, для которых характерно наличие алгоритма решения, алгоритма проверки решения и декодирующего алгоритма. К такому типу относятся следующие системы: классификации объектов и распознавания образов; автоматизированного проектирования; технической диагностики и др.

4. Структурно-функциональный подход, основанный на комплексном учете факторов, определяющих ценность информации. Это в первую очередь значимость информации, мерой которой является степень ее влияния на качество решения той или иной задачи; употребимость, характеризующая частоту использования информации при параллельном решении множества задач; полезность как доля ее участия в решении общей задачи; своевременность (потеря ценности информации вследствие ее старения) и достоверность (степень определенности результатов интерпретации информации). При этом результирующая ценность информации определяется как взвешенная сумма всех влияющих факторов.

Структурно-функциональный подход целесообразно использовать для оценки ценности информации, получаемой от многофункциональных информационно-измерительных систем, предназначенных для информационного обслуживания множества потребителей.

5. Семантический подход, основанный на оценке степени изменения тезауруса получателя под влиянием принятой информации.

Данный подход применим к оценке ценностей знаний, научных публикаций и т. п. Применение его к оценке ценности информации, получаемой от технических систем, вследствие отсутствия аппарата формализации информационных процессов на семантическом уровне, связано с большими трудностями и субъективизмом.

Рассмотрим принципы оценки ценности информации о состоянии природной среды, оказывающей влияние на эффективность функционирования множества объектов. К объектам, чувствительным к состоянию природной среды, относят промышленные, агропромышленные и топливно-энергетические комплексы, строительство, транспорт, сельское, лесное и водное хозяйство, системы теплоснабжения горо-

дов, электроэнергетические сети, технологические процессы и технические системы. В совокупности все они представляют собой множество потребителей гидрометеорологической информации.

Для оценки ценности информации и средств ее получения необходимо формализовать процесс информационного обеспечения множества потребителей. Эту формализацию целесообразно осуществить на структурно-функциональном уровне.

Пусть имеется множество потребителей информации $Q = \{q_p, p = \overline{1, P}\}$. Все потребители в множестве Q упорядочены в соответствии с их относительной важностью, характеризуемой матрицей-строкой коэффициентов весомостей

$$\Omega_{[1, P]} = \left\| \omega_p \right\|_{p=\overline{1, P}} = \left\| \omega_1, \omega_2, \dots, \omega_p, \dots, \omega_P \right\|. \quad (1)$$

Каждый потребитель $q_p \in Q$ решает задачи, выполнение которых связано с использованием информации о состоянии природной среды. В совокупности задачи всех потребителей образуют множество задач $C^* = \{C_l, l = \overline{1, L}\}$. Очевидно, что

$$C^* = \bigcup_{p \in P} C_p, \quad p = \overline{1, P},$$

где $C_p = \{C_l^p, l = \overline{1, L_p}\}$ – множество задач q_p -го потребителя; $\forall$ – квантор общности (по всем p).

Среди составленного таким образом множества задач могут оказаться эквивалентные с точки зрения потребного объема информационного обеспечения задачи, а также зависимые и вспомогательные задачи, являющиеся средством решения основных задач. Поэтому их необходимо упорядочить.

Процедура упорядочения состоит из отдельных шагов, на каждом из которых производится проверка отношения эквивалентности. Сущность такой проверки заключается в эвристической оценке возможности решения данной задачи при условии решения ряда других задач. Если да, то эта задача исключается из множества C^* . В противоположном случае осуществляется переход к проверке следующей задачи и т. д. При этом реализуется последовательность действий, предложенная в [4].

1. Для каждой задачи $C_l \in C^*$ проверяется справедливость отношения

$$C_i \supseteq C_j \quad \text{для} \quad \forall i, j = \overline{1, L^*}. \quad (2)$$

Если условие (2) удовлетворяется, то задача C_j исключается из дальнейшего рассмотрения как частная (эквивалентная или вспомога-

$$0 \leq K_{\pi l} \leq 1, \quad \sum_{l=1}^L K_{\pi l} = 1.$$

Аналогично определяются и коэффициенты важности ω_{π} , $\pi = \overline{1, \Pi}$ потребителей информации. Причем в качестве экспертов можно использовать и различные Наставления по обеспечению потребителей информацией об окружающей среде при решении ими конкретных задач.

По признаку сходства $P(X)$, $X = \|x_{\gamma}\|_1^{\Gamma}$ множество задач разделяется на ряд подмножеств (классов) $b_j \subseteq B$, таких, что $b_j = \{\forall C_l \in C \mid P(X)\}$. Решение классов задач $b_j \in B$ связано с привлечением множества видов информации $A = \{a_i\}$, $i = \overline{1, n}$, образуемых путем измерения ряда параметров окружающей среды, совокупность которых формирует множество $M = \{\mu_{\xi}\}$, $\xi = \overline{1, \Xi}$.

В результате выполненных операций структура информационного обеспечения представляется в виде множеств:

1) потребителей $Q = \{q_{\pi}\}$, $\pi = \overline{1, \Pi}$ и их коэффициентов важности

$$\Omega_{[1, \Pi]} = \|\omega_{\pi}\|_1^{\Pi};$$

2) задач, решаемых потребителями $C = \{C_l\}$, $l = \overline{1, L}$ и их коэффициентов значимости $K(C)_{[\Pi, L]} = \|K_{\pi l}\|_{\Pi}^L$;

3) классов задач $B = \{b_j\}$, $j = \overline{1, m}$;

4) видов информации $A = \{a_i\}$, $i = \overline{1, n}$;

5) параметров окружающей среды $\mu = \{\mu_{\xi}\}$, $\xi = \overline{1, \Xi}$.

Установив взаимосвязи между элементами множеств, получим многосвязную (кодированную) K -сеть [2]. Для удобства анализа полученная сеть подразделяется на подсети. Первая подсеть S_1 отображает связи между элементами множеств потребителей Q и задач C ; вторая S_2 — между задачами $C_l \in C$ и классами задач $b_j \in B$; третья S_3 — между классами задач $b_j \in B$ и видами информации $a_i \in A$; четвертая S_4 — между видами информации $a_i \in A$ и параметрами $\mu_{\xi} \in M$.

Взаимосвязи между элементами множеств Q , C , B , A и M представим в виде матриц (списков)

$$\left. \begin{aligned} S_{1[\Pi, L]} &= P(Q, C) = \|K_{\pi l}\|_{\Pi}^L \\ S_{2[L, m]} &= P(C, B) = \|P_{lj}\|_L^m \\ S_{3[m, n]} &= P(B, A) = \|P_{ji}\|_m^n \\ S_{4[n, \Xi]} &= P(A, M) = \|P_{i\xi}\|_n^{\Xi} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Элементы списков P_{lj} , P_{ji} , $P_{i\xi}$, представляющие собой бинарные

отношения между элементами соответствующих множеств, равны единице, если связи между ними существуют, и равны нулю при их отсутствии.

Проведенная формализация процесса информационного обеспечения множества потребителей позволяет характеризовать значимость классов задач $b_j \in B$, ценность видов информации $a_i \in A$ и параметров окружающей среды $\mu_\xi \in M$ матрицами коэффициентов

$$\begin{aligned} K(B) &= \Omega_{[1, \Pi]} \times S_{1[\Pi, L]} \times S_{2[L, m]} = \|\omega_\Pi\|_1^\Pi \times \|K_{\Pi l}\|_\Pi^L \times \|P_{lj}\|_L^m = \\ &= \left\| \sum_{\Pi=1}^\Pi \sum_{l=1}^L \omega_\Pi K_{\Pi l} P_{lj} \right\|_1^m = \|K_j\|_1^m; \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} K(A) &= K(B) \times S_{3[m, n]} = \|K_j\|_1^m \times \|P_{ji}\|_m^n = \\ &= \left\| \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^L \sum_{\Pi=1}^\Pi \omega_\Pi K_{\Pi l} P_{lj} P_{ji} \right\|_1^n = \|K_i\|_1^n; \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} K(M) &= K(A) \times S_{4[n, \Xi]} = \|K_i\|_1^n \times \|P_{i\xi}\|_n^\Xi = \\ &= \left\| \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^L \sum_{\Pi=1}^\Pi \omega_\Pi K_{\Pi l} P_{lj} P_{ji} P_{i\xi} \right\|_1^\Xi = \|K_\xi\|_1^\Xi. \end{aligned} \quad (8)$$

В нормированном виде элементы матриц коэффициентов значимости (6) и ценности (7) и (8) можно представить следующим образом:

$$K_{b_j} = \frac{K_j}{\sum_{\Pi=1}^\Pi \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^m \omega_\Pi K_{\Pi l} P_{lj}}; \quad (9)$$

$$K_{a_i} = \frac{K_i}{\sum_{\Pi=1}^\Pi \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \omega_\Pi K_{\Pi l} P_{lj} P_{ji}}; \quad (10)$$

$$K_{\mu_\xi} = \frac{K_\xi}{\sum_{\Pi=1}^\Pi \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{\xi=1}^\Xi \omega_\Pi K_{\Pi l} P_{lj} P_{ji} P_{i\xi}}. \quad (11)$$

Коэффициенты K_{a_i} и K_{μ_ξ} характеризуют ценность видов информации $a_i \in A$ и параметров состояния окружающей среды $\mu_\xi \in M$ для множества потребителей Q с точки зрения их информационного вклада в решение множества задач $C_l \in C$. Они определяются с учетом важности потребителей ω_Π и значимости обслуживаемых групп задач $K_{\Pi l}$ и в связи с этим характеризуют так называемую структурно-функциональную или тактическую ценность информа-

ции и для рассматриваемого множества потребителей.

Отметим, что дифференцированная оценка структурно-функциональной ценности информации для каждого потребителя может быть осуществлена по этой же методике.

В данном случае $\Pi \times L$ – мерная матрица коэффициентов значимости задач (4) преобразуется в матрицу строку

$$K(C) = \|K_i\|_1^L = \|K_1 K_2 \dots K_L\| \quad (12)$$

и в соотношениях (9) – (11) коэффициенты важности потребителей ω_Π необходимо положить равными единице.

Эффективное решение задач потребителями возможно, если виды информации $a_i \in A$ и образующие их параметры $\mu_\xi \in M$ удовлетворяют совокупности требований $T = \{\tau_v\}$, $v = 1, v$ (по точности, оперативности, пространственной и временной дискретности, частоте обновления данных, разрешению, глобальности и пр.). Множество требований T образуется на основе оценки влияния условий окружающей среды на эффективность выполнения классов задач $b_j \in B$ потребителями информации $q_\Pi \in Q$ и учета пространственной изменчивости параметров окружающей среды [3].

При этом требования, выдвигаемые множеством задач $B = \{b_j\}$ к качеству информации о параметрах $\mu_\xi \in M$ можно представить в виде многомерной матрицы

$$P(M, T, B) = \|P_{\xi v j}\|_{(M, N, m)}, \quad (13)$$

где $P_{\xi v j} = P(\mu_\xi, \tau_v, b_j)$ характеризует количественное значение требования, предъявляемого классом b_j к μ_ξ -му параметру.

Так как различные классы задач b_j и b_K ($K \neq j$) предъявляют к одному и тому же параметру, μ_ξ различные по значению требования τ_v , то в матрице (13) элементы $P_{\xi v j} \neq P_{\xi v K}$ для $\forall K \neq j$; $K, j = 1, m$. Поэтому возникает задача объединения требований, которую можно решить либо путем осреднения их с весами, равными коэффициентам значимости классов задач K_j , определяемыми по формуле (9), либо путем выбора элементов матриц $P_{\xi v j}$ для $\forall j = 1, m$, характеризующих наиболее жесткие требования к данному параметру.

В первом случае элементы объединенной матрицы требований определяются произведением матрицы коэффициентов значимостей $\|K_j\|_1^m$ на матрицу требований $\|P_{\xi v j}\|_{(M, N, m)}$. В результате сумма их произведений

$$\sum_{j=1}^m K_j P_{\xi v j} = P_{\xi v}$$

образует строку объединенной матрицы требований

$$P(M, T) = \|P_{\xi v}\|_{\Xi}^N. \quad (14)$$

Во втором случае из матрицы требований $P(M, T, B)$ выбираются наиболее жесткие требования к μ_{ξ} -му параметру, на основе которых и составляется объединенная матрица. Однако такой путь решения менее предпочтителен, так как относительное количество классов задач с наиболее жесткими требованиями может быть небольшим и при этом к измерительным средствам будут предъявлены требования, практическая реализация которых может быть связана с большими трудностями или вообще не может быть осуществлена.

Введение матрицы, элементы которой есть требования, предъявляемые к параметрам окружающей среды со стороны ее потребителей, и сравнение характеристик измеряемых параметров с требованиями, позволяет произвести оценку ценности отдельных параметров и средств их получения для информационного обеспечения множества потребителей.

С этой целью рассмотрим конкретное измерительное средство $x_{\varphi} \in X$, $\varphi = 1, \Phi$ измеряющее группу параметров состояния окружающей среды $\mu_{\xi} \in M_{\varphi} \subseteq M$.

Принадлежность параметра μ_{ξ} измерительному средству x_{φ} будем характеризовать матрицей связи $P(X, M)$, элементы которой

$$P_{\varphi\xi} = \begin{cases} 1, & \text{если } \mu_{\xi} \in x_{\varphi} \\ 0, & \text{если } \mu_{\xi} \notin x_{\varphi}. \end{cases}$$

Каждое измерительное средство, измеряя совокупность параметров $M_{\varphi} \subseteq M$, обеспечивает при этом вполне определенные характеристики качества измерений по каждому параметру $\mu_{\xi} \in M_{\varphi}$, множество которых можно представить в виде матрицы

$$P_{\varphi}(M, T^*) = \|P_{\xi v\varphi}^*\|_{(\Xi^{\varphi} \leq \Xi, N' \leq N, \varphi = \overline{1, \Phi})}. \quad (15)$$

Для оценки значимости информации, получаемой от x_{φ} -го измерительного средства, необходимо определить степень соответствия элементов матрицы (15) предъявленным требованиям, определяемым элементами матрицы (14). С этой целью выделим из (14) элементы $P_{\xi v}$, относящиеся к измерительному средству x_{φ} и образуем матрицу

$$P_{\varphi}(M, T) = \|P_{\xi v\varphi}\|_{(\Xi^{\varphi}, N', \Phi)}. \quad (16)$$

Определив разность матриц (14) и (15)

$$P_{\varphi}(M, T) - P_{\varphi}(M, T^*) = \|P_{\xi v\varphi} - P_{\xi v\varphi}^*\| = \|\Delta P_{\xi v\varphi}\|_{(\Xi^{\varphi}, N', \Phi)}$$

и осуществив операцию сравнения $\Delta P_{\xi v \varphi} \leq \Delta P_{\xi v \varphi}^{\Pi}$, где $\Delta P_{\xi v \varphi}^{\Pi}$ — ширина поля допуска для μ_{ξ} параметра по v -му требованию, образуем матрицу соответствия качества информации, получаемой от x_{φ} -го измерительного средства, предъявленным требованиям

$$D_{\varphi}(M, T) = \|d_{\xi v \varphi}\|_{(\Xi^{\varphi}, N', \Phi)}, \quad (17)$$

$$d_{\xi v \varphi} = \begin{cases} 1, & \text{если } \Delta P_{\xi v \varphi} \leq \Delta P_{\xi v \varphi}^{\Pi} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Проверив каждую строку матрицы (17) на соответствие требованиям по всем показателям качества ($v = \overline{1, N'}$), получим результирующую матрицу соответствия

$$D_{\varphi}(M) = \|d_{\xi \varphi}\|_{(\Xi^{\varphi}, \Phi)}, \quad (18)$$

элементы которой

$$d_{\xi \varphi} = \begin{cases} 1, & \text{если } \forall v = \overline{1, N'} : d_{\xi v \varphi} = 1 \\ 0, & \text{если } \exists v = \overline{1, N'} : d_{\xi v \varphi} = 0. \end{cases} \quad (19)$$

Наличие этих данных позволяет определить коэффициенты значимости информации, получаемой с помощью измерительного средства в виде

$$K_{\varphi} = \sum_{\xi=1}^{\Xi} K_{\mu_{\xi}} d_{\xi \varphi}. \quad (20)$$

Отметим, что условия (19) являются весьма жесткими, так как достаточно результатам измерения параметра μ_{ξ} не удовлетворить хотя бы одному из требований, как он исключается из рассмотрения в целом.

Более строго, для определения элементов $d_{\xi \varphi}$ необходимо знать функциональную связь показателя эффективности, характеризующего степень выполнения задач $C_l \in C$ потребителями информации, от степени удовлетворения показателей качества информации о параметре μ_{ξ} предъявленным требованиям. В этом случае $0 < d_{\xi \varphi} \leq 1$ и принимает значение, равное единице только при условии полного удовлетворения требований.

Аналогичным образом можно оценить значимость информации, получаемой от измерительных систем, включающих в свой состав комплекс измерительных средств. Для этого введем в рассмотрение матрицу

$$P(Y, X) = \|P_{\psi\varphi}\|_{\psi}^{\Phi}, \quad (21)$$

элементы которой $P_{\psi\varphi} = 1$, если измерительное средство $x_{\varphi} \in y_{\psi}$ и равны нулю, если $x_{\varphi} \notin y_{\psi}$. При этом произведение матриц

$$\begin{aligned} P(Y, X) \times P(X, M) &= \|P_{\psi\varphi}\|_{\psi}^{\Phi} \times \|P_{\varphi\xi}\|_{\Phi}^{\Xi\varphi} = \\ &= \left\| \sum_{\varphi=1}^{\Phi} P_{\psi\varphi} P_{\varphi\xi} \right\|_{\psi}^{\Xi\varphi} = \|P_{\psi\xi}\|_{\psi}^{\Xi\varphi} \end{aligned} \quad (22)$$

будет характеризовать измерительную систему (комплексное средство) с точки зрения числа измеряемых параметров состояния окружающей среды.

Соответствующая матрице (22) матрица качества информации, получаемой от измерительной системы, имеет вид

$$P_{\psi}(M, T^*) = \|P_{\xi v \psi}^*\|_{\psi}^{\Xi\varphi} (\Xi\varphi \leq \Xi\psi \leq \Xi, N, \Psi). \quad (23)$$

В матрице (23) за счет измерения одного и того же параметра μ_{ξ} несколькими измерительными средствами $x_{\varphi} \in y_{\psi}$ на одной и той же позиции (ξ, v, ψ) могут иметь место несколько значений $P_{\xi v \psi}^*$, число которых будет равно значению $P_{\psi\xi}$ в матрице (22).

Причем в общем случае $P_{\psi\xi v \varphi} = P_{\psi\xi v (\varphi + 1)}$, поэтому при образовании матрицы (23) элементы $P_{\xi v \psi}$ должны выбираться из условия

$$P_{\xi v \psi} = \frac{\max}{\varphi} P_{\xi v \psi \varphi} \quad \vee \quad \frac{\min}{\varphi} P_{\xi v \psi \varphi}. \quad (24)$$

После образования матрицы реализуемого качества измерений для измерительной системы, алгоритм оценки значимости информации состоит в выполнении следующих операций:

1) образование результирующей матрицы требований к качеству информации, получаемой от системы

$$P_{\psi}(M, T) = \|P_{\xi v \psi}\|_{\psi}^{\Xi\psi} (\Xi\psi, N, \Psi); \quad (25)$$

2) оценка степени соответствия качества комплексной информации предъявленным требованиям

$$P_{\psi}(M, T) - P_{\psi}(M, T^*) = \|\Delta P_{\xi v \psi}\|_{\psi}^{\Xi\psi} (\Xi\psi, N, \Psi); \quad (26)$$

$$D_{\psi}(M, T) = \|d_{\xi v \psi}\|_{\psi}^{\Xi\psi} (\Xi\psi, N, \Psi); \quad (27)$$

$$d_{\xi v \psi} = \begin{cases} 1, & \text{если } \Delta P_{\xi v \psi} \leq \Delta P_{\xi v \psi}^{\text{п.}} \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

$$D_{\Psi}(M) = \|d_{\xi\Psi}\|_{\Xi\Psi}^{\Psi}, \quad (28)$$

где

$$d_{\xi v} = \begin{cases} 1, & \text{если } \forall v = \overline{1, N} : d_{\xi v\Psi} = 1 \\ 0, & \text{если } \exists v = \overline{1, N} : d_{\xi v\Psi} = 0 \end{cases}$$

3) оценка ценности информации, получаемой от комплекса измерительных средств для множества потребителей

$$K_{\Psi} = \sum_{\xi=1}^{\Xi\Psi} K_{\mu_{\xi}} d_{\xi\Psi}. \quad (29)$$

В результате выполнения рассмотренных операций из множества $Y = \{y_{\Psi}\}$, $\Psi = \overline{1, \Psi}$ выделяется подмножество измерительных комплексов $Y' \subseteq Y$, обеспечивающих получение информации, качество которой удовлетворяет совокупности требований (25). Каждый измерительный комплекс $y_{\Psi} \in Y' \subseteq Y$ в соответствии с (24) обладает определенной значимостью K_{Ψ} для множества потребителей $Q = \{q_p\}$, $p = \overline{1, \Pi}$.

В целях проверки работоспособности рассмотренного алгоритма оценки ценности гидрометеоинформации и средств ее получения были изучены информационные потребности множества потребителей (отрасли производства, транспорт, строительство, лесное и рыбное хозяйство, плановые органы различного уровня, система проектирования народно-хозяйственных объектов, технических систем и их испытаний. Все задачи гидрометеорологического обеспечения которых были объединены в пять классов (табл. 1).

Значимость задач определялась исходя из потребного объема гидрометеобеспечения при коэффициентах весомости потребителей, равных единице (матрица (1)). Затем были построены матрицы (5) и на их основе произведен расчет структурно-функциональной ценности видов информации (табл. 2), составляющих их метеозлементов (табл. 3), технических средств получения информации (табл. 4).

Из полученных данных следует, что

1) рассмотренное множество потребителей в наибольшей степени заинтересовано в получении данных о фактическом состоянии погоды и результатах их анализа (ценность 35,9 %), прогнозов погоды (ценность 35,6 %) и данных об опасных явлениях погоды (ценность 11,8 %).

2) из гидрометеорологических параметров наибольшую ценность имеют термодинамические характеристики атмосферы (температура, давление, плотность, влажность) – ценность 17,8 %, наличие ОЯ и

Таблица 1

**Классы задач гидрометеорологического обеспечения
и их значимость**

Наименование класса	Значимость, %
Обеспечение производственно-хозяйственной деятельности потребителей в реальном масштабе времени	37,6
Обеспечение крупномасштабных и долговременных государственных и региональных мероприятий	24,7
Обеспечение планирования производства и корректировка плановых мероприятий	9,4
Обеспечение проектирования производственных комплексов, технических систем и их испытаний	17,3
Обеспечение функционирования технических систем	11,0

ООЯ – ценность 15,4 %, облачность – 9,6 %, осадки – 9,3 %, туман – 9,3 %.

Такое распределение ценности обусловлено спецификой выделенных групп потребителей и решаемых ими народохозяйственных задач.

Таблица 2

**Структурно-функциональная ценность видов информации
о состоянии природной среды**

Вид информации	Ценность, %
Фактические данные о состоянии погоды в реальном масштабе времени	18,4
Данные об опасных явлениях погоды	11,8
Результаты анализа фактического состояния погоды	17,5
Краткосрочные прогнозы погоды	15,4
Долгосрочные прогнозы погоды	6,6
Прогнозы специального назначения.	13,6
Результаты предвычислений параметров среды на ЭВМ	5,7
Статистико-климатологические описания, справки и режимные пособия.	11,0

Таблица 3

**Структурно-функциональная ценность
гидрометеорологических параметров**

Наименование	Ценность %	Наименование	Ценность %
Облачность	9,64	Туман	9,29
количество	2,41	интенсивность	2,30
форма	1,80	зона	2,52
высота нижней границы	1,84	время образования	2,13
высота верхней границы	1,47	продолжительность	2,34
микрофизические характеристики	0,57	Видимость	4,28
обледенение	1,55	у поверхности земли	2,52
Осадки	9,27	вертикальный профиль	1,76
вид	2,10	ОЯ и СГЯ	15,44
интенсивность	2,32	тайфуны, ураганы	2,06
зона	2,53	наводнения	1,35
продолжительность	2,52	половодье	1,35
Давление	3,80	метели, пыльные бури	4,64
у поверхности земли	2,03	гололед	4,20
вертикальный профиль	1,77	Грозы	9,62
Плотность	3,12	направление (коорд.)	1,87
у поверхности земли	1,81	зона	2,13
вертикальный профиль	1,31	начало грозы	1,82
Температура	6,42	продолжительность	1,86
приземного слоя	2,11	направление перемещения	1,94
вертикальный профиль	1,80	Волнение моря	2,85
подстилающей поверхности	0,82	волнение в баллах	1,31
тропопаузы	0,53	высота, период, длина	
высота нулевой изотермы	0,69	волны	0,77
вертикальный профиль для воды	0,47	направление фронта волны	0,77
Ветер	12,98	Прочие характеристики	9,75
приземный — направление	2,36		
— скорость	2,30		
профиль по H			
— направление	2,05		
— скорость	2,00		
максимальный ветер	1,49		
средний ветер в слое	1,49		
градиент скорости	1,29		
Влажность	4,44		
у поверхности земли	2,92		
вертикальный профиль	1,52		

**Структурно-функциональная значимость
информационно-измерительных средств и систем**

Наименование средств и систем	Значимость, %
Сеть метеорологических, гидрологических станций и космических подсистем.	93,0
Сеть метеорологических, гидрологических и радиолокационных станций.	83,5
Сеть метеорологических, гидрологических и аэрологических станций.	78,0
Сеть гидрологических и метеорологических станций и постов.	58,1
Сеть морских и океанических станций.	48,8
Средства самолетного зондирования (самолетные комплексы)	48,4
Сеть МРЛ.	39,4
Сеть ракетного зондирования.	33,0

3) ни одна из существующих информационных подсистем Госкомгидромета СССР в отдельности не обеспечивает полностью информационные потребности выделенного множества потребителей, только комплексное использование подсистем способно в значительной мере решить проанализированные задачи гидрометеообеспечения (табл. 4).

Рассмотренный алгоритм оценки ценности гидрометеоинформации и значимости технических средств ее получения целесообразно использовать при решении следующих технико-экономических задач:

- комплексная оценка эффективности системы гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства по векторному критерию;
- выбор состава комплексов и их оптимизации по ценности получаемой информации;
- анализ информационных систем по методу „стоимость – ценность”;
- дифференцированный расчет (по видам информации, составляющим их гидрометеопараметрам и средствам получения) цены информации и рентабельности ее производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блюмберг В. А., Глущенко В. Ф. Какое решение лучше? Метод расстановки приоритетов. — Л.: Лениздат, 1982. — 160 с.
2. Кулик В. Т. Алгоритмизация объектов управления. Справочник. — Киев: Наукова думка, 1968. — 364 с.
3. О составе, точности и пространственно-временном разрешении информации, необходимой для гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства и службы гидрометеорологических прогнозов. — Л.: Гидрометеозидат, 1975. — 220 с.
4. Планирование научных исследований и информационное обеспечение / Под ред. Н. П. Федоренко. — М.: Наука, 1972. — 263 с.

О ПРИМЕНЕНИИ МЕРЫ ШЕННОНА ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ИНФОРМАТИВНОСТИ СИСТЕМ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Для объективной оценки информативности существующих систем и подсистем наблюдений необходимо использовать определенную количественную меру информации. В [6] рассмотрена модель системы наблюдений и указаны формулы для расчета информационных матриц Фишера (ИМФ). Выпуклые функционалы, заданные на компактном множестве ИМФ [8], могут служить удобной мерой информации.

Проблема нахождения численными методами системы наблюдений, обеспечивающей достижения экстремума для функционала от ИМФ, является задачей оптимального планирования системы наблюдений. Выбор функционала от ИМФ определяет критерий оптимизации.

К числу таких функционалов относится средняя дисперсия оценок значений метеорологических элементов в узлах регулярной сетки.

В этом случае мы имеем дело с A -критерием [8]. Определитель ИМФ характеризующий D -критерий, получил наибольшее распространение в задачах оптимального планирования эксперимента ввиду того, что именно для него были получены наиболее содержательные теоретические результаты, которые служат обоснованием для целого ряда численных методов оптимизации [8]. Логарифм от определителя ИМФ входит в выражения для шенноновской информации (см. [7]). Учитывая монотонность функции логарифма, можно утверждать, что D -оптимальность соответствует оптимальности в смысле количества информации по Шеннону.

Это обстоятельство объясняет выбор данной количественной меры информации в задачах планирования систем наблюдений.

1. Метод расчета количественных характеристик информативности

1.1. Количественная мера информации Шеннона. В задачах численного анализа и при решении оптимального планирования наблюдательных систем приходится сталкиваться с необходимостью количественной оценки информации о некотором случайном векторе x , содержащейся в другом случайном векторе y . Действительно, в случае задач численного анализа x -вектор, представляющий собой совокупность наблюдательных данных на сети, y — это вектор восстановленных значений метеорологического элемента в узлах регулярной сетки.

Аналогичная интерпретация допустима также и в случае изучения информативности данных других систем наблюдений (спутники, самолеты, аэростаты, буи и т. п.). При наличии нескольких систем наблюдений векторы x и y могут представлять собой совокупность данных, получаемых на двух сравниваемых системах наблюдений.

Сравнение характеристик информативности для нескольких пар случайных векторов x и y является основой для постановки и решения задач планирования наблюдательных систем.

В схемах объективного анализа обычно используется предположение о том, что исследуемое метеорологическое поле является случайным с известными моментами первого и второго порядка. Более того, для удобства вычислений применяются ковариационные функции или матрицы, уже центрированные средними значениями соответствующих элементов. Это означает, что в схемах анализа используется отождествление исследуемых случайных полей с гауссовскими, имеющими такие же первые и вторые моменты. Количество информации по Шеннону о случайном векторе X , содержащееся в случайном векторе y , определяется равенством [7]

$$J(x, y) = \frac{1}{2} \log \frac{|\Sigma_x| |\Sigma_y|}{|\Sigma_z|}, \quad (1)$$

где $Z = (x/y)$ — объединенный случайный вектор; Σ_x , Σ_y , Σ_z — ковариационные матрицы соответствующих случайных векторов. Для облегчения интерпретации меры Шеннона отметим, что множественный коэффициент корреляции пары случайных векторов x и y определяется равенством [13]

$$k^2(x, y) = 1 - \frac{|\Sigma_z|}{|\Sigma_x| |\Sigma_y|}. \quad (2)$$

Связь между (1) и (2) очевидна. С помощью формулы Фробениуса [4], примененной для расчета определителя блочной матрицы

$$\Sigma_z = \begin{pmatrix} \Sigma_x & \Sigma_{xy} \\ \Sigma_{yx} & \Sigma_y \end{pmatrix},$$

где Σ_{xy} , Σ_{yx} — матрицы смешанных вторых моментов x и y . (1) и (2) преобразуются к более простому виду

$$J(x, y) = \frac{1}{2} \log \frac{|\Sigma_x|}{|\Sigma_x - \Sigma_{xy} \Sigma_y^{-1} \Sigma_{yx}|}, \quad (3)$$

$$k^2(x, y) = \frac{|\Sigma_x| - |\Sigma_x - \Sigma_{xy} \Sigma_y^{-1} \Sigma_{yx}|}{|\Sigma_x|}. \quad (4)$$

Приведенные формулы свидетельствуют о том, что вычисления характеристик информативности достаточно просты. Необходимость расчета Σ_y^{-1} указывает на то, что хотя бы одна из ковариационных матриц Σ_x или Σ_y должна быть невырожденной. Однако, даже в случае невырожденности распределения y формулы (3) и (4) справедливы при замене Σ_y^{-1} на обобщенную обратную матрицу Σ_y^+ [1].

1.2. Каноническое представление меры Шеннона. Рассмотрим линейное преобразование Хоттелинга, обеспечивающее расчет канонических корреляций для пары случайных векторов x и y [13]. Пусть $x = (x_1, \dots, x_r)^T$ (T — знак транспонирования); $y = (y_1, \dots, y_p)^T$, $\Sigma_x, \Sigma_y, \Sigma_{xy}$ — соответствующие матрицы ковариаций. В этом случае [13] можно построить матрицы Z и M для преобразований: $\tilde{x} = L^T x$, $\tilde{y} = M^T y$ такие, что ковариационная матрица $\Sigma_{\tilde{z}}$ объединенного вектора $\tilde{z} = (\tilde{x} / \tilde{y}) = (L^T x / M^T y)$ принимает следующую каноническую форму:

$$\Sigma_{\tilde{z}} = \begin{pmatrix} I_r & R \\ R^T & I_p \end{pmatrix}, \quad (5)$$

где I_r, I_p — квадратные матрицы с r' и p' единицами на главной диагонали соответственно; R — матрица $r \times p$, у которой первые k диагональных элементов равны $\rho_1, \dots, \rho_k$ ($0 \leq \rho_i \leq 1$, $i = 1, \dots, k$), а остальные элементы упомянутых матриц равны нулю. Значения $r' \leq r$, $p' \leq p$. Знак равенства имеет место в случае невыраженности соответствующих распределений. Здесь r', p' — ранги матриц Σ_x и Σ_y , $k = \min(r', p')$. Матрицы неособенных преобразований L и M обладают следующими свойствами: $L^T \Sigma_x L = I_r$; $M^T \Sigma_y M = I_p$; $L + \Sigma_{xy} M = R$. Каноническое преобразование ковариационных матриц $\Sigma_x, \Sigma_y, \Sigma_z$, входящих в выражение (1) для количества информации по Шеннону, позволяет получить каноническое представление для $J(x, y)$.

Формула (5) указывает на то, что все компоненты векторов $\tilde{x}$ и $\tilde{y}$ статистически взаимно независимы, кроме первых „ k ” компонентов $\tilde{x}_1 \dots \tilde{x}_k$ и $\tilde{y}_1, \dots, \tilde{y}_k$, которые попарно коррелированы с коэффициентами $\rho_1, \dots, \rho_k$.

Согласно [7] для пары коррелированных скалярных величин ξ и η выражение для информации Шеннона имеет вид

$$J(\xi, \eta) = -\frac{1}{2} \log [1 - r^2(\xi, \eta)], \quad (6)$$

где $r(\xi, \eta)$ – коэффициент корреляции между ξ и η . Применяя формулу (6) к k парам $\tilde{x}_1, \tilde{y}_1, \dots, (\tilde{x}_k, \tilde{y}_k)$, получим

$$\begin{aligned} J(x, y) &= -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \log [1 - r^2(\tilde{x}_i, \tilde{y}_i)] = \\ &= -\frac{1}{2} \log \prod_{i=1}^k [1 - r^2(\tilde{x}_i, \tilde{y}_i)]. \end{aligned} \quad (7)$$

Таким образом, формула (7) дает каноническое представление шенновской информации. При этом для получения результата необходимо располагать значениями коэффициентов корреляции между каноническими случайными величинами. Как известно из [13], совокупность искоемых значений $\rho_1, \dots, \rho_k$ может быть получена в виде корней характеристического уравнения

$$|\Sigma_x - \rho \Sigma_{xy} \Sigma_y^{-1} \Sigma_{xy}^T| = 0. \quad (8)$$

1.3. Спектральное представление метеорологической информации. Важной особенностью задачи анализа метеорологических полей является то, что размерность вектора x , равная числу узлов сетки n или числу наблюдательных станций, существенно больше объема N статистической выборки, на основе которой приходится делать расчеты информативности данных альтернативных систем наблюдений. Как правило, имеет порядок $10^3 - 10^4$. Число независимых реализаций наблюдений, полученных за год, составляет всего около сотни. Ввиду „связности” временных рядов основных метеорологических элементов (температура, давление, ветер) [15], для расчета выборочных моментов упомянутых метеорологических полей целесообразно использовать результаты наблюдений с шагом по времени 3–4 дня. Таким образом, в задаче анализа соотношение $n > N$ является наиболее характерным [2,5].

Обсудим специфику расчета статистических моментов метеорологических полей, вытекающую из этой особенности. Обозначим через X матрицу, составленную из элементов выборки объема N результатов анализов $X_i (i=1, \dots, N)$. Будем считать, что X имеет следующую структуру $X_i = (X_{i1}, \dots, X_{iN})$, т. е. является прямоугольной матрицей $n \times N$. Выборочная ковариационная матрица для представления метеорологического поля X на сетке или в точках наблюдений

$$S = \frac{1}{N-1} X X^T$$

оказывается вырожденной ввиду того, что $n > N$. Эта матрица имеет

размерность $n \times n$. Ее ранг равен N , если векторы x_i ($i = 1, \dots, N$) окажутся линейно независимы. Последнее обстоятельство обычно обеспечивается упомянутой выше процедурой „разрежения” временного ряда наблюдений, а, поэтому и последовательности анализов полей. Тогда будем считать, что ранг S_x максимален и равен N . В этом случае Σ_x , будучи симметричной и неотрицательно-определенной матрицей имеет N неотрицательных собственных чисел. $\lambda_1 \geq \lambda_2 \dots \geq \lambda_N > 0$ и $n - N$ собственных чисел $\lambda_{N+1}, \dots, \lambda_n$ равных нулю.

Понятно, что вырожденный характер получаемой оценки ковариационной матрицы Σ_x для сеточного представления метеорологического поля обусловлен исключительно длиной доступного ряда наблюдений. Не существует никаких оснований считать, что ковариационная матрица, которую мы оцениваем, является вырожденной. Поэтому вместо рассмотрения во всем евклидовом пространстве R^n , отвечающем сеточному представлению поля, мы перейдем к рассмотрению статистического распределения элемента x в подпространстве R^N размерности N , для которого могут быть получены соответствующие выборочные оценки. Интерес представляет изучение инвариантного подпространства $Q^N \subset R^n$, отвечающего совокупности собственных значений Σ_x : $\lambda_x^1, \dots, \lambda_x^N$. Ортонормированный базис Q_x^N и совокупность ненулевых собственных чисел $\lambda_1, \dots, \lambda_N$ могут быть найдены путем решения двойственной задачи [2]

$$\tilde{S}_x \tilde{\varphi}_x^i = \lambda_x^i \tilde{\varphi}_x^i \quad (i = 1, \dots, N) \quad (9)$$

для невырожденной матрицы $S_x = \frac{1}{N-1} X^T X$.

Известно, что ненулевые собственные числа S_x и $\tilde{S}_x$ совпадают. Пусть $\Phi_x = (\tilde{\varphi}_x^1 | \dots | \tilde{\varphi}_x^N)$. Тогда матрица $\Phi_x = (N-1)^{1/2} X \Phi_x \Lambda^{-1/2}$ преобразует S_x к каноническому виду $\Phi_x^T S_x \Phi_x = \Lambda_x$, следовательно, матрица Φ_x образована векторами-столбцами φ_x^L , которые представляют собой собственные векторы S_x , т. е. главные компоненты распределения вектора x . Аналогичным образом можно вычислить ненулевые собственные числа и соответствующие собственные векторы матрицы S_y .

1.4. Инвариантность меры Шеннона. Покажем, что инвариантность меры Шеннона по отношению к вырожденным линейным преобразованиям векторов x и y позволяют получить достаточно простой метод расчета $J(x, y)$ с помощью вычисления определителей матрицы Грама. Для любой совокупности независимых векторов $a_1, \dots, a_k$ можно определить матрицу Грама [4]

$$G(a_1, \dots, a_k) = \{g_{ij}\}_{i,j=1}^k = \{(a_i, a_j)\}_{i,j=1}^k$$

Матрица G – симметрична, положительно-определена, ее определитель равен объему k -мерного параллелепипеда, построенного на векторах $a_1, \dots, a_k$. Отметим, что $\tilde{S}_x = \frac{1}{N-1} G(x_1, \dots, x_N)$, $\tilde{S}_y = \frac{1}{N-1} \times \times G(y_1, \dots, y_N)$.

В [14] путем введения стационарных направлений φ_x^i , φ_y^j и углов α_i между гиперплоскостями Q_x^N и Q_y^N в R^n показано, что

$$\prod_{i=1}^k (1 - \cos^2 \alpha_i) = \frac{|G(\varphi_x^1, \dots, \varphi_x^N, \varphi_y^1, \dots, \varphi_y^N)|}{|G(\varphi_x^1, \dots, \varphi_x^N)| |G(\varphi_y^1, \dots, \varphi_y^N)|} \quad (10)$$

При этом φ_x^i и φ_y^j ($i = 1, \dots, N$) – соответственно суть собственные векторы S_x и S_y . Учитывая (10) и то, что $\cos^2 \alpha_i = r^2(\tilde{x}_i, \tilde{y}_i)$, имеем

$$J(x, y) = -\frac{1}{2} \log \frac{|G(\varphi_x^1, \dots, \varphi_x^N, \varphi_y^1, \dots, \varphi_y^N)|}{|G(\varphi_x^1, \dots, \varphi_x^N)| |G(\varphi_y^1, \dots, \varphi_y^N)|} \quad (11)$$

Отметим следующее свойство определителей Грамма. Пусть $\xi = Ax$, $\eta = By$ – линейные невырожденные преобразования векторов x и y . Тогда справедливы равенства

$$G(\xi_1, \dots, \xi_N) = |A| G(x_1, \dots, x_N), \quad G(\eta_1, \dots, \eta_N) = |B| G(y_1, \dots, y_N),$$

$$G(\xi_1, \dots, \xi_N, \eta_1, \dots, \eta_N) = |A| |B| G(x_1, \dots, x_N, y_1, \dots, y_N).$$

Отсюда следует, что $J(x, y) = J(\xi, \eta) = J(\xi, y) = J(x, \eta)$. В таком случае (11) может быть переписано в виде

$$J(x, y) = -\frac{1}{2} \log \frac{|G(x_1, \dots, x_N, y_1, \dots, y_N)|}{|G(x_1, \dots, x_N)| |G(y_1, \dots, y_N)|} \quad (12)$$

Формула (12) удобна для расчета $J(x, y)$ в случае „малых выборок” для векторов x и y . Подводя итоги, отметим, что в данном разделе предложено два метода расчета шенновской информации, основанные на использовании канонических корреляций в (7) и определителей Грамма в (12).

1.5. Применение метода в случае простейшей модели наблюдений.

Рассмотрим связь меры Шеннона со среднеквадратической погрешностью анализа для модели наблюдательной системы

$$\tilde{x} = x + \varepsilon, \quad (13)$$

где x — случайный вектор истинных значений метеорологического элемента в некоторой совокупности точек наблюдений с ковариационной матрицей Σ_x , характеризующей естественные вариации данного элемента.

Предположим, что случайный вектор погрешностей наблюдений ε имеет нулевое среднее и ковариационную матрицу $\sigma_\varepsilon^2 I$. Это означает, что измерения равноточны, и погрешности статистически независимы. В этом случае

$$J(\tilde{x}, x) = -\frac{1}{2} \log(I - \frac{1}{\sigma_\varepsilon^2} \Sigma_x) \quad (14)$$

с учетом того, что $|A| = \exp \{ \text{tr}(\log A) \}$ (tr — след матрицы), равенство (14) переписывается в виде

$$J(\tilde{x}, x) = -\frac{1}{2} \text{tr}[\log(I - \frac{1}{\sigma_\varepsilon^2} \Sigma_x)]. \quad (15)$$

Используя линейную часть разложения Тейлора логарифмической функции, получаем приближенное равенство для (15)

$$J(\tilde{x}, x) \approx \frac{1}{2\sigma_\varepsilon^2} \sum_{i=1}^n \sigma_x^{ii}, \quad (16)$$

где σ_x^{ii} — диагональный элемент Σ_x .

Если обозначить в (16) через $\hat{\sigma}_x^2 = \frac{1}{n} \sum_i \sigma_x^{ii}$ среднюю дисперсию метеорологического элемента x , то значение шенновской информации оказывается пропорциональной $\hat{\sigma}_x^2$

$$J(\hat{x}, x) \approx \left(\frac{n}{2\sigma_\varepsilon^2} \right) \hat{\sigma}_x^2. \quad (17)$$

На основе приближенной зависимости (17) можно сделать несколько выводов о свойствах шенновской информации.

1. При наличии ненулевой дисперсии погрешностей наблюдений σ_ε^2 величина J не может быть равной ∞ .

2. Шенновская информация пропорциональна отношению дисперсии „сигнала к шуму”: $\hat{\sigma}_x^2/\sigma_\varepsilon^2$.

2. Оценка информативности функционирующих систем и подсистем наблюдений

Наличие нескольких систем наблюдений обуславливает актуальность постановки вопроса об оценке информационного вклада данных каждой из таких систем в результаты объективного анализа метеорологических полей. Для простоты рассмотрим случай двух наблюдательных систем. Однако все приводимые результаты очевидным образом обобщаются на случай произвольного числа таких систем.

Пусть x – массив данных наблюдений, образованный путем объединения массивов данных x_1 и x_2 , полученных на упомянутых двух системах наблюдений. Тогда

$$x = (x_1/x_2).$$

Аналогичным образом определим структуру оператора $A = (A_1|A_2)$, осуществляющего процедуру объективного анализа по формуле $y = Ax$. Тогда $y = A_1x_1 + A_2x_2$. Для выборочных ковариационных матриц справедливо соотношение

$$S_y = A_1S_{x_1x_1}A_1^T + A_1S_{x_1x_2}A_2^T + A_2S_{x_2x_1}A_1^T + A_2S_{x_2x_2}A_2^T.$$

Рассмотрим количество информации, которое доставляет наблюдательная система относительно результатов объективного анализа. Согласно (1) имеем

$$J(x_1, y) = -\frac{1}{2} \log \frac{\begin{vmatrix} S_{x_1x_1} & S_{x_1y} \\ S_{x_1y} & S_y \end{vmatrix}}{|S_{x_1x_1}| |S_y|}, \quad (18)$$

где $S_{x_1y} = S_{x_1x_1}A_1^T$.

Нетрудно показать [9], что (18) преобразуется к виду

$$J(x_1, y) = -\frac{1}{2} \log \frac{|S_{y/x_1}|}{|S_y|},$$

$$S_{y/x_1} = A_1S_{x_1x_2}A_2^T + A_2S_{x_2x_1}A_1^T + A_2S_{x_2x_2}A_2^T. \quad (19)$$

3. Оценки информативности планируемых систем наблюдений

Принципиальное отличие данного случая от уже рассмотренных заключается в том, что для планируемых систем наблюдений мы не располагаем данными наблюдений, поэтому расчеты информативности зависят исключительно от модельных свойств, приписываемых новым системам наблюдений, размещение которых планируется. Преимущество такого подхода на этапе планирования заключается в том, что путем сравнительно несложных расчетов можно оценить информативность целого ряда „сценариев” по размещению новых наблюдательных средств.

Данный подход позволит определить целесообразные значения таких важнейших характеристик новой системы наблюдений, как точность измерений, пространственная плотность точек наблюдений, периодичность и т. п.

3.1. Представление архивной информации. В данном случае основной упор делается на использование массива архивной наблюдательной информации, полученной на основе обычных средств наблюдений (аэрологическая или метеорологическая сеть). Обработка этой информации, обозначаемой как массив $X = \{x_{ij}\}_{i=1, j=1}^{n, N} = \{x^j(\omega_i)\}$ (j – номер реализации; ω_i – координаты; i – номер станции сети), заключается в построении базиса эмпирических ортогональных функций (э. о. ф.). В целом ряде исследований обсуждаются способы расчета э. о. ф.

В данном случае более удобным представляется подход, приведенный в [16], заключающийся в представлении э. о. ф. не на сетке, а в виде линейной комбинации двумерных аналитических функций. Это позволяет вычислять э. о. ф. в точках с произвольными координатами ω , что необходимо при решении задач оптимального размещения новых систем наблюдений. В [16] в качестве аналитических функций на полусфере использовался конечный набор сферических гармоник $\{f_s(\omega)\}_{s=1}^k$. Каждая реализация наблюдений $x(\omega)$ ($j = 1, \dots, N$) трансформируется в коэффициенты разложения x_s^j ($s = 1, \dots, k$) по базисным функциям. Таким образом, возникает спектральное представление

$$x^j(\omega_i) = \sum_{s=1}^k C_s^j f_s(\omega_i) + \delta_k^j(\omega_i) \quad (i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, k),$$

в котором $\delta_k^j(\omega_i)$ – обозначает погрешность аппроксимации для j -реализации в точке ω_i , определяемую использованием k членов разложения. Последнее равенство может быть переписано в следующем матричном виде:

$$X = \tilde{F} \tilde{c} + \Delta_k, \quad (20)$$

где $\tilde{F} = \{\tilde{f}_{is}\} = \{\tilde{f}_s(\omega_i)\}$; $\tilde{c} = \{\tilde{c}_{sj}\} = \{\tilde{c}_s^j\}$; $\Delta_k = \{\delta_{ij}^k\} = \{\delta_k^j(\omega_i)\}$.

Для получения коэффициентов разложения в [16] предлагается использовать квадратурные формулы Гаусса, аппроксимирующие интегралы в выражении для скалярных произведений. Значения метеорологических элементов x в гауссовых узлах квадратурной формулы должны быть предварительно вычислены с помощью схемы объективного анализа.

В данном случае можно предположить, что $N > k^2$. Поэтому выборочную матрицу $S_c = \frac{1}{(N-1)} \tilde{c} \tilde{c}^T$ можно считать невырожденной.

Обозначим через Φ_c^s собственный вектор матрицы S_c с номером s . Тогда э. о. ф. с номером s принимает вид $f_s(\omega) = \sum_{s'=1}^k \tilde{\Phi}_c^{s'}(s') \tilde{f}_{s'}(\omega)$.

Исходя из представления (20), можно также вычислить ковариационную матрицу погрешностей аппроксимации $S_{\Delta_k} = \frac{1}{(N-1)} \Delta_k \Delta_k^T$.

Кроме того, очевидно, что $\tilde{F} \tilde{c}$ и Δ_k статистически независимы в силу ортогональности Δ_k линейному многообразию векторов-столбцов матрицы $\tilde{F}$. Матрица S_{Δ_k} заведомо вырождена, поскольку $N < n$.

Естественно предполагать, что случайный вектор δ_k , из реализаций которого образована матрица $\Delta_k = (\delta_k^1 | \dots | \delta_k^N)$, имеет статистически независимые компоненты. В этом случае можно найти эффективную дисперсию $\sigma_{\Delta_k}^2$ погрешностей аппроксимации Δ_k путем решения задачи: $\min_{\sigma^2} \sum_{i=1}^n (\sigma^2 - s_{\Delta_k}^{ii})^2$ ($s_{\Delta_k}^{ii}$ — диагональные элементы S_{Δ_k}). Отсюда находим

$$\sigma_{\Delta_k}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n s_{\Delta_k}^{ii}}{n},$$

что позволяет использовать найденное значение $\sigma_{\Delta_k}^2$ в других точках наблюдений.

Располагая матрицей S_c , можно приближенно вычислить матрицу вторых моментов для значений метеорологического элемента x в любой совокупности точек $\Omega_p = (\omega_1, \dots, \omega_p)$ по формуле

$$S_x = \tilde{F}(\Omega_p) S_c \tilde{F}^T(\Omega_p) + \sigma_{\Delta_k}^2 I_n.$$

3.2. Модели систем наблюдений. Прямые наблюдения метеорологического элемента x в произвольной совокупности точек Ω_p могут быть представлены в виде следующего выражения:

$$x(\Omega_p) = F(\Omega_p)c + \delta_k + \varepsilon(\Omega_p),$$

где $x(\Omega_p) = (x(\omega_i), \dots, x(\omega_p))^T$; $c = (c_1, \dots, c_k)^T$; $\varepsilon(\Omega_p)$ – вектор погрешностей прямых наблюдений. Отметим, что $c_s(\Phi_c^s)$. Косвенные наблюдения x в произвольной совокупности точек Ω_q представлены с помощью формулы

$$y = LF(\Omega_q)c + L\delta_k + \varepsilon(\Omega_q),$$

где L – матрица, строками которой являются векторы линейных функционалов для косвенных измерений; $\varepsilon(\Omega_q)$ – вектор погрешностей таких измерений.

Очевидно, что задача анализа в данном случае заключается в получении наилучших статистических оценок вектора c по данным наблюдений $x(\Omega_q)$. Поэтому, осуществляя расчет $J(x(\Omega_p), c)$ или $J(y(\Omega_q), c)$ для различных „сценариев” систем наблюдений, можно количественно оценить их информационный вклад.

3.3. Расчет характеристик информативности. С учетом (3) запишем выражение для количества информации в виде [3]

$$J(x(\Omega_p), c) = \frac{1}{2} \log |\Lambda_c^{-1} + F^T S_\eta^{-1} F| \prod_{s=1}^k (\lambda_c^s)^2, \quad (21)$$

где $S_\eta = \sigma^2 I + \Sigma_{\varepsilon_p}$. При получении (21) использовались равенства

$$|\Lambda_c| = \prod_{s=1}^k (\lambda_c^s)^2$$

$$\Lambda_c - \Lambda_c F^T (F \Lambda_c F + S_\eta)^{-1} F \Lambda_c = (\Lambda_c^{-1} + F^T S_\eta^{-1} F)^{-1}.$$

Для системы косвенных наблюдений имеем

$$J(y(\Omega_q), c) = \frac{1}{2} \log |\Lambda_c^{-1} + FL^T S_\eta^{-1} LF| \prod_{s=1}^k (\lambda_c^s)^2, \quad (22)$$

где $S_\eta = \sigma^2 LL^T + \Sigma_{\varepsilon_q}$.

Формулы (21) и (22) могут быть использованы для количественной оценки информативности любых планируемых систем наблюдений.

Размерность матриц, для которых необходимо вычислять определители в (21) и (22), равна $s \times s$. Поскольку $s \ll n$, то все они невырождены, и расчет определителей не должен представлять трудностей [4].

4. Примеры расчета количественных характеристик информативности системы спутникового и аэрологического зондирования атмосферы в северном полушарии

Все примеры, приводимые ниже, являются модельными и иллюстративными. В основу расчетов положена версия метода оценки информативности, изложенная в п. 2.3. Исходные данные для расчетов являются реалистичными.

Используемые э. о. ф. для поля H_{500} в северном полушарии получены на основе обработки представительной статистики результатов численных анализов за зимний сезон 1976–1979 гг. Таким образом, приведенные данные характеризуют количество информации о статистическом ансамбле полей геопотенциала H_{500} [16], извлекаемое при использовании различных систем наблюдений.

Фактическое пространственное распределение станций аэрологической сети, характеристики пространственно-временного разрешения и уровень погрешности существующей спутниковой системы наблюдений являются основой получения реалистичных оценок информативности.

Пример 1. Оценка информативности аэрологической сети северного полушария и ее региональных подсистем

Исходные данные. Аэрологическая сеть северного полушария (АО) в период ПГЭП в составе 680 станций; сеть СССР (A1) – 201 станция; сеть Северной Америки (A2) – 154 станции; сеть Европы (A3) – 90 станций; сеть Азии (A4) – 177 станций; AF – совокупность 50 наиболее информативных станций [12]. Уровень погрешности аэрологических измерений на H_{500} $\sigma_{\epsilon_a} = 15$ м.

Результаты расчетов $\bar{J}$ и k^2 для указанных совокупностей станций представлены в табл. 1.

Пример 2. Оценка относительной информативности системы спутникового дистанционного зондирования атмосферы с учетом аэрологической сети и ее компонентов в северном полушарии

Исходные данные. Аэрологическая сеть и ее компоненты (см. пример 1). Система спутникового зондирования (С) на полярных орбитах с шагом измерения: по широте – $2,5^\circ$, по долготе – 10° , а также с учетом горизонтальной корреляции погрешностей измерений [6]. Уровень погрешности измерений $\sigma_{\epsilon} = 60$ м.

Результаты расчетов представлены в табл. 2

Таблица 1

Параметр	АО	A1	A2	A4	A2 + A3 + A4	AF
J	3,04	0,65	0,74	0,35	1,51	1,08
k^2	0,99	0,76	0,81	0,53	0,97	0,89

Таблица 2

Параметр	АО	A1	A2	A4	A2 + A3 + A4	AF
J	0,11	0,92	0,87	1,08	0,36	1,62
k^2	0,23	0,85	0,80	0,90	0,52	0,75

Таблица 3

Число станций				
Атлантический океан	4	3	1	9
Тихий океан	—	3	—	3
k^2	0,037	0,104	0,014	0,136

Пример 3. Оценка относительной информативности океанических станций, функционировавших в средних и тропических широтах северного полушария в специальный наблюдательный период ПГЭП

Исходные данные. Совокупность аэрологических станций на суше АО — 668 станций и 4 комбинации океанических станций [11].

Результаты расчетов представлены в табл. 3.

Приведенные примеры не исчерпывают возможности применения данного метода. В [3] этот метод применялся для оптимизации спутниковой системы термического зондирования атмосферы с точки зрения точности объективного анализа поля геопотенциала в северном полушарии. В [10] аналогичный подход применен для оптимального сочетания данных наземной озонометрической сети с результатами спутниковых ИК и УФ-измерений.

Программный модуль (№ И 905) расчета количественных характеристик информативности систем аэрологических и спутниковых наблюдений для целей анализа поля H_{500} в северном полушарии для ЕС ЭВМ имеется в информационном фонде ОФАП Госкомгидромета СССР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альберт А. Регрессия, псевдоинверсия и рекуррентное оценивание. — М.: Наука, 1977. — 224 с.
2. Багров Н. А. Естественные составляющие малых выборок при большом числе параметров. — Метеорология и гидрология, 1978, № 12, с. 3—9.
3. Белявский А. И., Покровский О. М. Оптимизация системы наблюдений поля атмосферного давления в северном полушарии. — Иссл. Земли из космоса, 1984, № 3, с. 3—13.
4. Гантмахер Ф. Р. Теория матриц. — М.: Наука, 1967. — 576 с.
5. Губанова С. И., Машкович С. А. Об оценке информативности системы аэрологических и спутниковых измерений. — Метеорология и гидрология, 1977, № 12, с. 9—14.
6. Денисов С. Г., Покровский О. М. Анализ информативности систем дистанционной индикации поля геопотенциала. — Изв. АН СССР. ФАО, 1980, т. 16, с. 582—590.
7. Кульбак С. Теория информации и статистика. — М.: Наука, 1967. — 408 с.
8. Математическая теория планирования эксперимента. — М.: Наука, 1983. — 391 с.
9. Покровский О. М. Об оптимальных условиях косвенного зондирования атмосферы. — Изв. АН СССР. ФАО, 1972, т. 8, № 10, с. 1094—1097.
10. Покровский О. М., Малыгина А. К. О рационализации схемы сбора данных дистанционных измерений озона в северном полушарии. — Исслед. Земли из космоса, 1985, № 1, с. 10—16.
11. Покровский О. М., Денисов С. Г. Информативность океанической сети станций для объективного анализа поля геопотенциала в северном полушарии. — Метеорология и гидрология, 1985, № 10, с. 37—43.
12. Покровский О. М. О рационализации системы отбора климатической информации в северном полушарии о поле геопотенциала. — Труды ГГО, 1987, вып. 507, с. 161—176.
13. Рао С. Р. Линейные статистические методы и их применения. — М.: Наука, 1986. — 547 с.
14. Широков П. А. Тензорное исчисление. — Л.: Гостехиздат, 1934. — 464 с.
15. Федорченко Е. И. О влиянии связности метеорологических рядов на точность выборочных моментов. — Труды ГГО, 1974, вып. 336, с. 25—47.
16. Fecher H. Darstellung der Geopotentials der winterlichen Nordhalbkugel durch naturliche Orthogonalfunctionen. — Berichte Inst. für Meereskunde, Kiel, 1975, N 5. — 375.

О МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ АВТОПРЕДПРИЯТИЙ ПРОГНОЗАМИ СНЕГОПАДОВ

Роль автотранспорта в пассажирских и грузовых перевозках очень велика. По объему грузооборота автотранспорт занимает третье место, а по объему пассажирских перевозок первое. Предприятия этой отрасли работают рентабельно и дают государству большую прибыль. Однако убытки от простоя автомашин, связанные с метеорологическими условиями, еще велики. Зимой такие простои чаще всего связаны со снегопадами. Наличие снега на дорогах затрудняет движение и снижает скорость движения автотранспорта. По данным [3] снижение скорости в 2–2,5 раза повышает себестоимость перевозок на 25–30 %.

На рис. 1 приведена заимствованная из [2] зависимость скорости движения автомобиля от высоты выпавшего снега (h). Видно, что при высоте снежного покрова выше 20 см движение на дороге прекращается.

Автодорожные службы проводят мероприятия, направленные на борьбу со снегом, для успешного проведения которых требуется прогностическая информация об ожидающихся снегопадах. При наличии такой информации автодорожные службы имеют возможность заблаговременно подготовить снегоочистительную технику и предотвратить, либо свести к минимуму простои автомашин.

Попытка проанализировать влияния опасных для автомобильного транспорта метеорологических явлений и оценить экономическую эффективность использования прогностической информации для обслуживания дорог была сделана в [5], где были предложены формулы для расчета ущерба от перерыва в движении на дороге, которые применимы для оценки отдельных прогнозов и предупреждений.

В данной статье предложен метод оценки средней экономической эффективности обеспечения автопредприятий прогнозами снегопадов.

Метод расчета экономической эффективности использования прогнозов опасных явлений в народном хозяйстве разработан в [1]. Данный метод основан на сопоставлении средних потерь потребителя при использовании прогноза с соответствующими результатами при отсутствии прогнозов или замене их другими видами информации. При оценке экономической эффективности прогнозов снегопада целесообразно провести сопоставление экономических результатов использования оперативного и инерционного прогнозов.

Для расчета экономической эффективности прогнозов необходимо располагать сведениями о качестве прогнозов (прогностической мето-

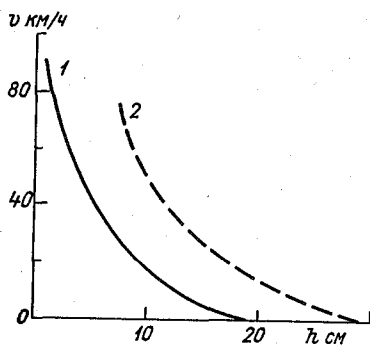


Рис. 1. Зависимость скорости движения автомобиля от высоты снежного покрова.

1 — легковые автомобили; 2 — грузовые автомобили.

дики) и повторяемости различных состояний погоды, а также о размерах ущерба потребителя при оправдавшихся и неоправдавшихся прогнозах.

Оправдываемость прогнозов характеризуется матрицей совместных повторяемостей прогностического и фактического состояний погоды.

Матрица сопряженности прогностических и фактических состояний приведена в табл. 1 (подробное описание этой матрицы дано в [1]).

Величины α и δ характеризуют вероятность успешных прогнозов осуществления (α) и отсутствия (δ) опасного явления. Величины β и γ — вероятность ошибочных прогнозов. Величины p и q характеризуют соответственно природную повторяемость осуществления и отсутствия опасного явления.

Размеры ущерба потребителя при оправдавшихся и неоправдав-

Таблица 1

Фактическое состояние погоды (F)	Прогнозируемое состояние погоды (П)		Σ
	Π_1 (явление будет)	Π_2 (явления не будет)	
F_1 (явление осуществилось)	α	β	p
F_2 (явление не осуществилось)	γ	δ	q
Σ	$\bar{p}'$	q'	1

Матрица потерь, описывающая ситуацию
„опасное явление — защитные мероприятия“

Состояние погоды (F)	Хозяйственное решение (d)	
	d_1 (защитные меры приняты)	d_2 (защитные меры не приняты)
F_1 (явление осуществилось)	A	L
F_2 (явление не осуществилось)	C	0

шихся прогнозах описываются матрицей потерь данного потребителя. Для описания матрицы потерь автопредприятия от снегопада были использованы работы [3, 5, 6]. В соответствии с различными хозяйственными последствиями, вызванными снегопадами различной интенсивности, рассмотрены матрицы потерь для ОЯ: снегопад интенсивностью 7–19 мм менее чем за 12 ч и ООЯ: снегопад интенсивностью более 20 мм менее чем за 12 ч.

Общий вид матрицы потерь, описывающей экономические последствия принятых хозяйственных решений и реализовавшихся условий погоды, приведен в табл. 2.

Рассмотрим матрицу потерь для ОЯ, когда интенсивность снегопада 7–19 мм за 12 ч и менее.

Поясним смысл элементов матрицы.

L – потери потребителя при непредусмотренном возникновении снегопада, когда автодорожные службы не успели подготовить снегоочистительную технику. Под этими потерями подразумеваются средние по многолетним реализациям ОЯ потери. Величина L может быть рассчитана по формуле

$$L = \Delta S Q, \quad (1)$$

где ΔS – увеличение себестоимости из-за снижения скорости автотранспорта. В соответствии с приведенным графиком (см. рис. 1) и данными [3] $\Delta S \approx 0,25S$.

Q – объем перевозок в тоннах за определенный промежуток времени.

Величина C характеризует затраты на защитные мероприятия

(уборка снега). Затраты на уборку снега по данным [6] в переводе на 1 день с ОЯ составят 7,5 руб./км.

A – затраты на проведение защитных мероприятий и непредотвратимые потери от осуществившихся ОЯ. Будем считать, что защитные меры кардинальные, поэтому $C = A$ [7].

Рассмотрим матрицу потерь автопредприятий при ООЯ (интенсивность снегопада более 20 мм за 12 ч. Величина L есть ущерб от простоев автотранспорта и в соответствии с [5] рассчитывается по формуле

$$L = \frac{\bar{I}}{2} t^2, \quad (2)$$

где I – интенсивность движения (число автомашин, проходящих за определенный промежуток времени в обоих направлениях); $\bar{I}$ – средний убыток от одного часа простоя (для грузовика 1,5 руб./ч; для автобуса 7,5 руб./ч; в среднем 2,7 руб./ч); t – перерыв в движении (в часах).

Остальные элементы матрицы потерь примем такими же, как в случае ОЯ.

Следует иметь в виду, что при определении компонент матриц (табл. 1 и 2) все они должны относиться к одному интервалу времени, который целесообразно выбрать равным средней продолжительности явления.

В качестве примера рассмотрим расчет экономической эффективности прогнозов снегопада за 3 месяца для Ленинградской области. Средняя продолжительность снегопада около 6 ч. Данные матрицы сопряженности ОЯ для этого интервала представлены в табл. 3.

Матрица сопряженности для инерционного прогноза приведена в табл. 4.

Рассчитаем компоненты матрицы потерь потребителя от снегопада интенсивностью 7–19 мм при объеме перевозок, равном 2000 т за 6 ч и средней себестоимости грузоперевозок $4,6 \cdot 10^{-2}$ руб./т·км.

$$L = (0,25 \cdot 4,6 \cdot 10^{-2}) \cdot 2 \cdot 10^3 \text{ руб./км за 6 ч} = 23 \text{ руб./км за 6 ч.}$$

Таблица 3

Фактическое состояние погоды (F)	Прогнозируемое состояние погоды (Π)		Σ
	Π_1 (снегопад будет)	Π_2 (снегопада не будет)	
F_1 (снегопад)	0,10	0,01	0,11
F_2 (снегопада нет)	0,02	0,87	0,89
Σ	0,12	0,88	1,0

Таблица 4

Фактическое состояние погоды (F)	Прогнозируемое состояние погоды (Π)		Σ
	Π_1 (снегопад будет)	Π_2 (снегопада не будет)	
F_1 (снегопад)	0,07	0,04	0,11
F_2 (снегопада нет)	0,04	0,85	0,89
Σ	0,11	0,89	1,0

Произведем расчет экономической эффективности оперативного прогноза [7]

$$\Delta E = (\tilde{p}' - p') \frac{C}{L} + (\tilde{\beta} - \beta) = 0,01$$

$$E = \Delta ELN = 828 \text{ руб./км за квартал.}$$

В заключение необходимо отметить, что в предложенной методике был сделан ряд упрощений. Предполагалось, что защитные меры являются кардинальными и $A = C$, хотя при неоправдавшемся прогнозе ОЯ потребитель имеет возможность уменьшить потери. Время уборки принято равным средней продолжительности снегопада, в действительности оно значительно меняется в зависимости от фактических погодных условий и наличия техники.

Расчеты нужно проводить дифференцировано для разного времени суток, так как объем перевозок имеет суточный ход.

Перечисленные упрощения были сделаны для того, чтобы данная методика могла быть использована в оперативных расчетах эффективности, проводимых непосредственно в УГМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брагинская Л. Л. Об оценке экономической эффективности альтернативной гидрометеорологической информации. — Труды КазНИГМИ, 1977, вып. 62, с. 47–62.
2. Васильев А. П. Состояние дорог и безопасность движения автомобилей в сложных погодных условиях. — М.: Транспорт, 1976. — 186 с.
3. Гусев Л. М. Борьба со скользкостью обледеневших дорог. — М.: Изд-во министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1959. — 74 с.
4. Методические рекомендации по оптимальному использованию и оценке потенциальной экономической эффективности прогнозов опасных явлений. — Л.: 1983. — 46 с.
5. Монокрович Э. И. Гидрометеорологическая информация в народном хозяйстве. — Л.: Гидрометеиздат, 1980. — 155 с.
6. Расников В. П. Определение оптимального уровня зимнего содержания покрытия автомобильных дорог. — М.: Труды ГипродорНИИ, 1981, вып. 34, с. 33–38.

ОБ ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГНОЗОВ ГОЛОЛЕДА НА ДОРОГАХ

Прогнозы погоды и штормоповещения об опасных и особо опасных явлениях играют важную роль в обеспечении безопасности движения и снижении числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Наибольшую опасность для транспорта представляет гололед на дороге. Анализ дорожно-транспортных происшествий [4] показал, что в северных и центральных областях Советского Союза наиболее часто ДТП происходят на обледенелом покрытии дорог. В табл. 1 приведены сведения о распределении числа ДТП в зависимости от состояния дорожного покрытия.

Увеличение числа дорожно-транспортных происшествий обусловлено тем, что при гололеде резко уменьшается сцепление колеса автомобиля с дорожным покрытием и вероятность аварии увеличивается в 10 раз [3]. Исследования, проведенные в Московском автодорожном институте (МАДИ) [6], позволили выявить зависимость числа происшествий от состояния покрытия (табл. 2).

Дорожно-транспортные происшествия приводят к огромным социальным и экономическим потерям. На автодорогах мира ежегодно погибает более 300 тыс. человек. Средние потери, которые несет общество от гибели одного человека, оцениваются для различных стран по-разному. Выполненные в МАДИ расчеты приведены в табл. 3 [5].

Для уменьшения аварийности при гололеде принимается ряд профилактических мер (инструктаж водителей, усиленный контроль ГАИ, световые табло, предупреждающие водителей об опасности и т. д.). В качестве активной меры борьбы с гололедом используется воздейст-

Таблица 1

Распределение числа ДТП (%) в квартале 1971 г.

Район СССР	Состояние дорожного покрытия			Общее число ДТП
	обледенелое или снежный накат	мокрое	сухое	
Коми АССР	99	—	1	139
Волгоградская область	84	6	5	208
Ярославская область	54	18	23	181
Белгородская область	43	13	33	76
Ставропольский край	15	12	62	267

Таблица 2

Число ДТП на 10^{-6} авт·км

Состояние покрытия	Коэффициент сцепления	Относительная аварийность
Гололед (обледенелое покрытие)	0,1–0,2	0,6
Мокрое покрытие	0,35	0,25
Сухое покрытие	0,75	0,00024

вие химическими веществами (песок с солью) на обледенелое дорожное покрытие.

Наличие прогностической метеорологической информации способствует своевременному и эффективному проведению этих мер. Оценка экономической эффективности прогнозов спасных явлений разработана в [7]. Использование предложенной методики при оценке экономической эффективности метеорологического обеспечения сельского хозяйства, строительства и некоторых других потребителей [7] показало ее практическую применимость.

В основу предлагаемой методики положена метеоролого-экономическая схема оценки эффективности использования альтернативных прогнозов, разработанная в рамках статистической теории принятия решений. Основными элементами данной расчетной схемы являются:

- чувствительный к опасным явлениям хозяйственный объект;
- вероятностное описание влияющих на хозяйственный объект метеорологических факторов;
- целевая функция, позволяющая сравнивать между собой различные стратегии потребителя метеорологической информации.

Рассмотрим случай, когда погодные условия характеризуются двумя возможными состояниями – наличием гололеда на дороге или

Таблица 3

Потери от ДТП в руб

Год	Потери от вовлечения 1 человека в ДТП			Средние потери от одного ДТП
	легкое ранение	тяжелое ранение	смертельный исход	
1980	53	1970	22970	6720
1985	60	2200	26170	7760
1990	67	2450	29330	8930

Таблица 4

**Матрица потерь, описывающая ситуацию
„опасное явление — защитные мероприятия”**

Состояние погоды (F)	Хозяйственное решение (d)	
	d_1 (защитные меры приняты)	d_2 (защитные меры не приняты)
F_1 (гололед)	A	L
F_2 (гололеда нет)	C	0

его отсутствием, и в соответствии с этим потребитель может принять одно из двух хозяйственных решений — проводить защитные мероприятия или нет. Однако проведение защитных мероприятий не может полностью предотвратить ущерб от гололеда, так как оптимальные для движения условия (сухое покрытие) при этом не достигаются.

Такая ситуация частичных защитных мероприятий подробно рассмотрена в методических рекомендациях [7]. Экономический эффект, характеризующий последствия реализации хозяйственных решений при различных погодных условиях, описывается матрицей потерь, представленной в табл. 4.

При отсутствии опасного явления потери за счет ДТП имеют место, однако они вызваны принципиально иными причинами, не связанными с погодой. Поскольку эта составляющая потеря присутствует во всех элементах матрицы, то ее можно вычесть и считать, что при отсутствии гололеда потери равны нулю.

Поясним смысл элементов матрицы (табл. 4).

Элемент L — потери потребителя при внезапном (непредусмотренном) возникновении гололеда, когда защитные меры предварительно не принимались. Эти потери пропорциональны числу ДТП и определяются по формуле

$$L = K \cdot I \cdot R, \quad (1)$$

где K — относительная аварийность (в соответствии с табл. 2, при гололеде $K = 0,6 \frac{\text{ДТП}}{1 \text{ млн. авт} \cdot \text{км}}$); I — интенсивность движения, т. е. среднее число автомобилей, проходящих в обоих направлениях за определенный период времени (зависит от категории автодороги); R — средние потери от одного ДТП.

Элемент C — затраты автодорожных служб на защитные мероприя-

Таблица 5

Фактическое состояние погоды (F)	Прогнозируемое состояние погоды (П)		Σ
	Π_1 (гололед будет)	Π_2 (гололеда не будет)	
F_1 (гололед)	$\alpha = \frac{n_{11}}{N}$	$\beta = \frac{n_{12}}{N}$	p
F_2 (гололеда нет)	$\gamma = \frac{n_{21}}{N}$	$\delta = \frac{n_{22}}{N}$	q
Σ	p'	q'	1

тия, которые состоят из затрат на технику для ликвидации гололеда на дороге и стоимости химических веществ (соли, песко-соленой смеси).

По данным работы [2] затраты на борьбу с гололедом для дорог республиканской категории за зимний сезон составляют около 400 руб. на 1 км дороги (за сутки 1,5 руб на 1 км дороги).

Элемент А – затраты на проведение защитных мероприятий и непредотвратимые потери от осуществившегося ОЯ

$$A = C + \varepsilon L, \quad (2)$$

где ε – доля непредотвратимых потерь, которая определяется отношением

$$\varepsilon = \frac{K(\text{на мокром покрытии})}{K(\text{при гололеде})} = 0,42.$$

Наряду с матрицей потерь, для оценки эффективности прогноза необходимо располагать характеристиками его оправдываемости, задаваемыми в виде матрицы совместных повторяемостей различных сочетаний прогнозируемых и осуществившихся погодных условий. Общий вид такой матрицы приведен в табл. 5.

Матрица совместных повторяемостей формируется в процессе испытания данной прогностической методики на достаточно большом числе случаев N.

Определение отдельных элементов матрицы в табл. 5 подробно изложено в [7].

Следует иметь в виду, что при использовании суточных прогнозов данные (см. табл. 4) должны быть представлены для того же интервала времени.

Оценка экономической эффективности прогноза гололеда основана на сопоставлении средних потерь потребителя при использовании

Таблица 6

Фактическое состояние погоды (F)	Прогнозируемое состояние погоды (П)		Σ
	П ₁ (гололед будет)	П ₂ (гололеда не будет)	
F ₁ (гололед)	0,033	0,011	0,044
F ₂ (гололеда нет)	0	0,956	0,956
Σ	0,033	0,967	1,00

оперативного прогноза с соответствующими результатами при использовании инерционного прогноза.

Средние потери при использовании оперативного прогноза равны

$$E = p' C + (\alpha + \epsilon \beta) L \quad (3)$$

Для идеального прогноза ($\gamma = \beta = 0$) потери потребителя составят величину

$$E^0 = p(C + \epsilon L). \quad (4)$$

Экономическая эффективность оперативного прогноза по сравнению с инерционным

$$\Delta E = (\tilde{p}' - p') C + (\tilde{\alpha} - \alpha) \epsilon L + (\tilde{\beta} - \beta) L, \quad (5)$$

где $\tilde{p}'$, $\tilde{\alpha}$, $\tilde{\beta}$ — параметры инерционного прогноза.

Рассмотрим пример оценки экономической эффективности прогноза гололеда.

За октябрь—декабрь 1964 г. в Московской области наблюдалось 4 дня с гололедом. Средняя продолжительность гололеда составила 24 ч. Матрица сопряженности прогностических и фактических состояний погоды приведена в табл. 6.

Матрица сопряженности фактических и прогнозируемых состояний для инерционного прогноза приведена в табл. 7.

Таблица 7

Фактическое состояние погоды (F)	Прогнозируемое состояние погоды (П)		Σ
	П ₁ (гололед будет)	П ₂ (гололеда не будет)	
F ₁ (гололед)	0,022	0,022	0,044
F ₂ (гололеда нет)	0,022	0,934	0,956
Σ	0,044	0,956	1

Таблица 8

Состояние погоды (F)	Хозяйственное решение (d)	
	d_1 (защитные меры приняты)	d_2 (защитные меры не приняты)
F_1 (гололед)	6,58	12,1
F_2 (гололеда нет)	1,52	0

Необходимые для расчетов значения элементов матрицы потерь (руб./сут) для дороги республиканского значения (интенсивность 2,5–3,5 тыс. авт./сут) приведены в табл. 8.

Средние потери при использовании оперативного прогноза: $E = 0,35$ руб./сут · км.

Средние потери при использовании инерционного прогноза: $E = 0,44$ руб./сут · км.

Экономический эффект прогноза в данном случае составит 0,09 руб./сут · км или 8,1 руб./км за квартал.

Средние потери при идеальном прогнозе равны 0,29 руб./сут · км.

Рассмотренный пример показывает, что расчет экономической эффективности прогнозов гололеда целесообразен и не требует сложных вычислений.

В заключение следует отметить, что использованные в расчетах экономические характеристики определены достаточно приближенно и в дальнейшем их следует уточнить.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брагинская Л. Л. Об оценке экономической эффективности альтернативной гидрометеорологической информации. — Труды КазНИГМИ, 1977, вып. 62, с. 47–62.
2. Бялобжеский Г. В. и др. Зимнее содержание автомобильных дорог. — М.: Транспорт, 1983. — 197 с.
3. Васильев А. П. Состояние дорог и безопасность движения автомобилей в сложных погодных условиях. — М.: Транспорт, 1976. — 186 с.
4. Васильев А. П., Расников В. П. Основные причины ДТП на автомобильных дорогах в зимнее время. — М.: ЦБНТИ, Обзорная информация, 1973, вып. 2, — 63 с.
5. Дивочкин О. А. Уточнение расчетных показателей потерь от ДТП. — М.: Труды МАДИ, 1979, вып. 164, с. 61–68.
6. Кузнецов Ю. В., Лушников Н. А. Принципы нормирования коэффициентов сцепления дорожных покрытий. — М.: Труды МАДИ, 1984, с. 109–117.
7. Методические рекомендации по оптимальному использованию и оценке потенциальной экономической эффективности прогнозов опасных явлений. — Л.: Изд. ГГО, 1983. — 46 с.

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПОСЕВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ ПРИ УСЛОВИИ МИНИМАЛЬНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ УРОЖАЯ

В период все большей интенсификации сельского хозяйства широкое развитие получили методы получения запрограммированного урожая и дифференциации агротехнических приемов.

Одна из проблем, которая при этом возникает, состоит в том, как наилучшим образом использовать для этой цели имеющуюся климатологическую и прогностическую информацию, учитывая многолетнюю изменчивость влияющих на урожай природных факторов и ограниченную надежность существующих метеорологических прогнозов.

В этой связи весьма важной задачей является выбор соотношения между посевными площадями возделываемых культур. Такого рода исследования, целью которых было получение максимальной величины среднего урожая или минимизация крупных потерь урожая, были проведены в работах [3, 4]. Для сельского хозяйства часто может оказаться наиболее целесообразным обеспечение стабильности урожая, которую характеризует дисперсия урожайности. В этом случае критерием является минимум межгодовой изменчивости урожая.

Будем руководствоваться этим принципом при решении задачи нахождения оптимального соотношения посевных площадей между несколькими культурами или несколькими сортами одной культуры.

Положим, что урожайность этих культур характеризуется средними значениями $\bar{y}_1, \bar{y}_2, \dots, \bar{y}_n$, средние квадратические отклонения от которых соответственно равны $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$, а r_{ij} — коэффициент корреляции между сортами рассматриваемых культур. Если принять общую посевную площадь за 1, и считать что на долю отдельных сортов приходится $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ засеваемой площади, то общая урожайность будет равна

$$\bar{y} = \alpha_1 \bar{y}_1 + \alpha_2 \bar{y}_2 + \dots + \alpha_n \bar{y}_n, \quad (1)$$

а выражение для дисперсии урожайности имеет вид [1]

$$\sigma_y^2 = \sum_{i=1}^n \alpha_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_i \alpha_j \sigma_i \sigma_j r_{ij}. \quad (2)$$

Рассмотрим оптимальное соотношение посевных площадей трех сортов культур. Для $n = 3$ формула (2) имеет вид

$$\sigma_y^2 = A_{11} \alpha_1^2 + A_{22} \alpha_2^2 + A_{33} \alpha_3^2 + 2A_{12} \alpha_1 \alpha_2 + 2A_{13} \alpha_1 \alpha_3 + 2A_{23} \alpha_2 \alpha_3, \quad (3)$$

где $A_{ij} = \sigma_i \sigma_j r_{ij}$ при $i \neq j$;

$$A_{ij} = \sigma_i \sigma_j (1 + r_{ij}) \text{ при } i = j.$$

Введем дополнительно условие $\alpha_i \geq 0, 1$, это условие обязательного возделывания всех трех культур.

Согласно принятому критерию минимизируем функцию

$$Z = \sigma_y^2 \rightarrow \min \quad (4)$$

Необходимым условием минимизации является равенство нулю первых производных по α_i формулы (3)

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial Z}{\partial \alpha_1} &= A_{11}\alpha_1 + A_{12}\alpha_2 + A_{13}\alpha_3 = 0, \\ \frac{\partial Z}{\partial \alpha_2} &= A_{12}\alpha_1 + A_{22}\alpha_2 + A_{23}\alpha_3 = 0, \\ \frac{\partial Z}{\partial \alpha_3} &= A_{13}\alpha_1 + A_{23}\alpha_2 + A_{33}\alpha_3 = 0. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Достаточное условие минимума предполагает положительность вторых производных по α_i

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 Z}{\partial \alpha_1^2} &= 2A_{11} = 2\sigma_1^2(1 + r_{11}) > 0, \\ \frac{\partial^2 Z}{\partial \alpha_2^2} &= 2A_{22} = 2\sigma_2^2(1 + r_{22}) > 0, \\ \frac{\partial^2 Z}{\partial \alpha_3^2} &= 2A_{33} = 2\sigma_3^2(1 + r_{33}) > 0. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Эти условия выполняются, так как

$$\sigma_i^2 > 0; |r_{ii}| \leq 1.$$

Однако, если $r_{ii} = -1$, $(\partial^2 Z)/(\partial \alpha_i^2) = 0$, это означает, что исходная функция имеет точку перегиба.

Система (5) может быть решена методом множителей Лагранжа [2], для этого введем вспомогательную функцию вида

$$L(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \lambda) = Z + \lambda(1 - \alpha_1 - \alpha_2 - \alpha_3),$$

где λ — множитель Лагранжа.

В этом случае решение задачи сводится к решению системы вида

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial \alpha_1} &= 2A_{11}\alpha_1 + 2A_{12}\alpha_2 + 2A_{13}\alpha_3 - \lambda = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial \alpha_2} &= 2A_{12}\alpha_1 + 2A_{22}\alpha_2 + 2A_{23}\alpha_3 - \lambda = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial \alpha_3} &= 2A_{13}\alpha_1 + 2A_{23}\alpha_2 + 2A_{33}\alpha_3 - \lambda = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} &= 1 - \alpha_1 - \alpha_2 - \alpha_3 = 0. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Реализация решения системы (7) была проведена на ЭВМ БЭСМ-6.

В качестве примера представим расчеты оптимального соотношения посевных площадей трех сортов картофеля, возделываемых в Ленинградской области. При этом использовались данные об урожайности картофеля на 7 сортоучастках за 20 лет (1962–1981 гг.), полученные в инспекции Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур.

На рис. 1 приведены временные зависимости средних по сортоучасткам урожайностей некоторых сортов картофеля. Из рис. 1 видно,

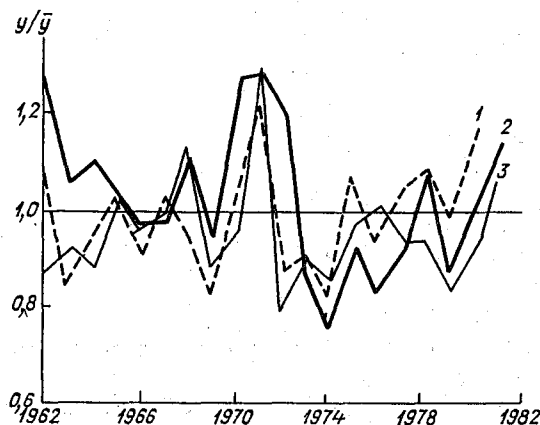


Рис. 1. Временные зависимости урожайностей $y/\bar{y}$ сортов картофеля в Ленинградской области.

1 — Цеткосельского; 2 — Приескульского; 3 — Гатчинского.

что наиболее сильные отклонения от средней урожайности наблюдались в 1970–1974 гг. и, что повышения и понижения урожайностей различных сортов происходили одновременно.

Подробные агротехнические и биологические характеристики сортов рассмотрены в [5].

В результате решения системы (7) получены следующие значения:

$$\alpha_1 = 0,46 \quad \bar{y}_1 = 323 \text{ ц/га} \quad \sigma_1 = 39 \text{ ц/га}$$

$$\alpha_2 = 0,28 \quad \bar{y}_2 = 288 \text{ ц/га} \quad \sigma_2 = 43 \text{ ц/га}$$

$$\alpha_3 = 0,26 \quad \bar{y}_3 = 363 \text{ ц/га} \quad \sigma_3 = 48 \text{ ц/га}$$

Определим среднюю урожайность по формуле (1) и дисперсию урожайности по формуле (3):

$$\bar{y} = 0,46 \cdot 323 + 0,28 \cdot 288 + 0,26 \cdot 363 = 323,6 \text{ ц/га}, \quad (\sigma_y)_{\min} = 33,8 \text{ ц/га}.$$

По данным АФИ средний чистый доход от реализации картофеля составляет 5,71 руб./ц. Доход с единицы площади равен $D = 5,71 \bar{y} = 5,7 \cdot 323,6 = 1847,8$ руб./га.

Для сравнения рассмотрим вариант, когда площади, отводимые под каждый сорт картофеля равны, т. е. $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 1/3$.

Аналогично определим среднюю урожайность, ее дисперсию и доход:

$$\bar{y} = 0,33 \cdot 323 + 0,33 \cdot 288 + 0,33 \cdot 363 = 324,7 \text{ ц/га};$$

$$D = 5,71 \cdot 324,7 = 1853,9 \text{ руб./га};$$

$$\sigma_y = 34,1 \text{ ц/га}.$$

Из полученных результатов видно, что проигрывая по средней урожайности на 0,3 %, можно уменьшить ее дисперсию на 1 %, хотя в рассматриваемом примере оптимальное соотношение площадей трех сортов картофеля оказалось достаточно близко к равномерному.

Параметром, характеризующим одновременно урожайность и ее изменчивость является коэффициент вариации, определяемый как

$$v = \sigma_y / \bar{y}.$$

В дальнейшем целесообразно перейти к задаче оптимизации на основе исследования этого показателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко Н. Ф. и др. Моделирование продуктивности агроэкосистем. — Л.: Гидрометеиздат, 1982. — 264 с.
2. Дегтярев Ю. И. Методы оптимизации. — М.: Сов. радио, 1980, — 272 с.

3. Житорчук Ю. В., Страшненко Л. В. Оптимизация структуры посевных площадей сельскохозяйственных культур с учетом климатологической информации. — Труды ГГО, 1983, вып. 466, с. 104—109.

4. Жуковский Е. Е. Оценка потенциальной эффективности биоклиматической взаимокомпенсации как метода повышения устойчивости урожая. — Докл. ВАСХНИЛ, 1980, № 2, с. 35—37.

5. Ярцева З. Д., Клакевич Т. Н. Лучшие сорта сельскохозяйственных культур Северо-Запада. — Лениздат, 1984. — 46 с.

ФУНКЦИИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Проблема эффективного использования в народном хозяйстве прогнозов погоды в настоящее время переходит от стадии формулировок и поисков решений к стадии практической их реализации [4, 6, 7, 8, 16, 20]. На достигнутом уровне оправдываемости прогнозов [9] их умелое, хозяйское использование может уже давать крупный экономический эффект. В работах [10, 11, 12, 13, 14, 16] была показана практическая возможность эффективного использования прогнозов температуры воздуха при метеорологическом обеспечении теплоэлектроцентралей (ТЭЦ).

Зависимость отпуска тепла на отопление от погодных условий позволяет установить метеорологические потери ТЭЦ, т. е. такие потери, которые, согласно определению Е. Е. Жуковского [7, 8], возникают вследствие отклонения фактических погодных условий от условий, в расчете на которые планируются хозяйственные мероприятия. Вследствие значительной тепловой инерционности ТЭЦ не представляется возможным установить расход тепла в отопительной сети в каждый момент времени, точно соответствующий фактическим погодным условиям. Поэтому режим выработки тепла устанавливают с некоторым упреждением, ориентируясь на средние условия погоды.

При выборе режима отопления следует учитывать совместное влияние температуры воздуха t °С, скорости ветра v м/с и солнечной радиации на теплопотери зданий. На этом основании предложен комплексный показатель теплопотерь зданий [2], известный как эффективная температура t_3 .

$$t_3 = t - \sigma_0 \frac{R}{R_0} [A(\gamma v) - 1] (t_{\text{п}} - t) + \sigma_0 \varepsilon_0 R I + R v', \quad (1)$$

где t — температура наружного воздуха, $t_{\text{п}}$ — расчетная температура воздуха внутри помещения (принимается равной 18 °С); σ_0 — относительная площадь окон; ε_0 — коэффициент пропускания солнечной радиации, падающей на остекленные части поверхности ограждения; R — термическое сопротивление ограждений (суммарное); R_0 — термическое сопротивление окон; γ — коэффициент воздухопроницаемости; I — суммарная радиация; v' — коэффициент, характеризующий мощность отопительной системы на единицу площади ограждения при внутренних тепловыделениях; A — функция γ и v .

Без учета радиационного теплообмена получено [2] более простое выражение эффективной температуры

$$t_3 = t - m(A - 1)(t_{\pi} - t), \quad (2)$$

где

$$m = \sigma_0 \frac{R}{R_0}.$$

Регулирование отопления предусматривает постоянный расход воды в системе отопления, в то время как температура воды меняется в соответствии с температурным графиком, отражающим расход тепла Q (МВт) в зависимости от ожидаемой температуры наружного воздуха и скорости ветра. Температура прямой воды t'_B , поступающей в систему теплоснабжения, может иметь, согласно принятому температурному графику [3, 19], одно из значений: 95, 110, 120, 130, 140 или 150 °С, а температура обратной воды t''_B принимается постоянной, равной 70 °С. На этом основании для источников теплоснабжения устанавливаются температурные графики.

Расход тепла Q в данной отопительной сети определяется в зависимости от температуры наружного воздуха t [3, 19]

$$Q = Q_p \frac{t_{\pi} - t}{t_{\pi} - t_p} \quad (3)$$

или эффективной температуры воздуха t_3

$$Q_3 = Q_p \frac{t_{\pi} - t_3}{t_{\pi} - t_p} \quad (4)$$

где t_p — расчетная температура наружного воздуха (средняя из восьми самых холодных пятидневок за 50-летний период наблюдений в данном географическом районе) [17]; t_{π} — расчетная температура воздуха в отапливаемых зданиях соответствующей категории [2, 18]; Q_p — тепловые потери отапливаемых зданий при расчетной температуре наружного воздуха t_p .

Контроль расхода тепла на отопление производится по измерениям температур прямой и обратной воды. Поэтому погрешность контроля расхода тепла ΔQ_0 будет определяться погрешностью измерений t'_B и t''_B . При этом, относительная погрешность контроля тепла δQ будет равна относительной погрешности измерения перепада температур t'_B и t''_B [3, 5, 19]

$$\delta Q = \delta t = \frac{2\Delta t_B}{t'_B - t''_B} \quad (5)$$

где Δt_B — абсолютная погрешность измерения температуры воды;
 $t'_B - t''_B$ — среднее значение температурного перепада t'_B и t''_B .

С учетом формулы (5) $\Delta Q_0 = \delta Q Q$, а ее максимальное значение составит $\Delta Q_{0\max} = \delta Q Q_p$.

Фактические отклонения $\Delta Q = Q_\phi - Q_3$ (Q_ϕ — фактический расход тепла, Q_3 — расход тепла, соответствующий эффективной температуре t_3) возникают вследствие погрешностей регулирования отпуска и контроля тепла и носят случайный характер, имеющий нормальное распределение.

Будем в дальнейшем рассматривать метеорологические потери ТЭЦ при отоплении, как нерациональное расходование тепла по отношению к фактической приведенной температуре наружного воздуха, так называемый „перетоп” ($\Delta Q_\Pi = Q_\phi - Q_3 > 0$) и непреднамеренная „экономия”, недодача тепла широкому потребителю — „недотоп” $\Delta Q_H = Q_\phi - Q_3 < 0$.

Среднее значение расхода тепла „перетопа” Q_Π и „недотопа” Q_H можно определить следующим образом:

$$Q_\Pi = \int_{\Delta Q_0}^{\Delta Q_\Pi^{\max}} \Delta Q_\Pi \varphi(\Delta Q_\Pi) d(\Delta Q_\Pi) \quad (6)$$

и

$$Q_H = \int_{\Delta Q_0}^{\Delta Q_H^{\max}} \Delta Q_H \varphi(\Delta Q_H) d(\Delta Q_H) \quad (7)$$

где $\Delta Q_\Pi^{\max}$ и $\Delta Q_H^{\max}$ — максимальные значения „перетопа” и „недотопа”; $\varphi(\Delta Q_\Pi)$ и $\varphi(\Delta Q_H)$ — плотности вероятности случайных отклонений расхода тепла в сторону „перетопа” или „недотопа”.

При ориентировке отопления на прогностические значения эффективной температуры воздуха t_3 , плотность вероятности $\varphi(\Delta Q_\Pi)$ и $\varphi(\Delta Q_H)$ будут в общем виде определяться законом нормального распределения

$$\varphi(\Delta Q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_{\Delta Q}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\Delta Q - \Delta Q_{3п-р}}{\sigma_{\Delta Q}} \right)^2 \right], \quad (8)$$

где ΔQ — отклонение расхода тепла „перетопа” или „недотопа”; $\Delta Q_{3п-р}$ — отклонение расхода тепла („перетоп” — „недотоп”) за счет ошибки прогноза эффективной температуры наружного воздуха

$\Delta t_{эп-р}$; $\sigma_{\Delta Q}$ – среднее квадратическое отклонение расхода тепла.

Величина $\Delta Q_{эп-р}$ находится из соотношения

$$\Delta Q_{эп-р} = - \frac{Q_p}{t_p - t_p} \Delta t_{эп-р}, \quad (9)$$

где $\Delta t_{эп-р} = t_{эп-р} - t_э$, $t_{эп-р}$ и $t_э$ – прогностическое и фактическое значения эффективной температуры воздуха (средние за период прогноза T).

Принимая условия $\Delta Q_{п}^{\max} = \infty$, $\Delta Q_{н}^{\max} = -\infty$ и учитывая (8) и (9), получим

$$\begin{aligned} Q_{п}(\Delta t_{эп-р}) &= \int_{\Delta Q_0}^{\infty} \frac{\Delta Q_{п}}{\sqrt{2\pi} \sigma_{\Delta Q}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\Delta Q_{п} + \Delta Q_{эп-р}}{\sigma_{\Delta Q}} \right)^2 \right] \times \\ &\times d(\Delta Q_{п}) = \frac{\sigma_{\Delta Q}}{\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\Delta Q_0 + \frac{Q_p}{t_p - t_p} \Delta t_{эп-р}}{\sigma_{\Delta Q}} \right)^2 \right] - \\ &- \frac{Q_p}{t_p - t_p} \Delta t_{эп-р} \left[\frac{1}{2} - \Phi \left(\frac{\Delta Q_0 + \frac{Q_p}{t_p - t_p} \Delta t_{эп-р}}{\sigma_{\Delta Q}} \right) \right] \end{aligned} \quad (10)$$

и

$$\begin{aligned} Q_{н}(\Delta t_{эп-р}) &= \int_{\Delta Q_0}^{-\infty} \frac{\Delta Q_{н}}{\sqrt{2\pi} \sigma_{\Delta Q}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\Delta Q_{н} + \Delta Q_{эп-р}}{\sigma_{\Delta Q}} \right)^2 \right] \times \\ &\times d(\Delta Q_{н}) = \frac{\sigma_{\Delta Q}}{\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\Delta Q_0 - \frac{Q_p}{t_p - t_p} \Delta t_{эп-р}}{\sigma_{\Delta Q}} \right)^2 \right] + \\ &+ \frac{Q_p}{t_p - t_p} \Delta t_{эп-р} \left[\frac{1}{2} - \Phi \left(\frac{\Delta Q_0 - \frac{Q_p}{t_p - t_p} \Delta t_{эп-р}}{\sigma_{\Delta Q}} \right) \right] \end{aligned} \quad (11)$$

В частном случае $\Delta Q_0 \neq 0$, $\sigma_{\Delta Q} = 0$ при условии $\Phi(\infty) = 1/2$, $\Phi(0) = 0$ и $\Phi(-\infty) = -1/2$ находим

$$\Delta Q_{\Pi} = \begin{cases} -\frac{Q_p}{t_{\Pi} - t_p} \Delta t_{\text{эп-р}} & \text{при } \Delta t_{\text{эп-р}} < -\frac{\Delta Q_0}{Q_p} (t_{\Pi} - t_p), \\ \frac{\Delta Q_0}{2} & \text{при } \Delta t_{\text{эп-р}} = -\frac{\Delta Q_0}{Q_p} (t_{\Pi} - t_p), \\ 0 & \text{при } \Delta t_{\text{эп-р}} > -\frac{\Delta Q_0}{Q_p} (t_{\Pi} - t_p). \end{cases} \quad (12)$$

$$\Delta Q_{\text{н}} = \begin{cases} \frac{Q_p}{t_{\Pi} - t_p} \Delta t_{\text{эп-р}} & \text{при } \Delta t_{\text{эп-р}} > \frac{\Delta Q_0}{Q_p} (t_{\Pi} - t_p), \\ \frac{\Delta Q_0}{2} & \text{при } \Delta t_{\text{эп-р}} = \frac{\Delta Q_0}{Q_p} (t_{\Pi} - t_p), \\ 0 & \text{при } \Delta t_{\text{эп-р}} < \frac{\Delta Q_0}{Q_p} (t_{\Pi} - t_p). \end{cases} \quad (13)$$

Графическая зависимость (10)–(13) приведена на рис. 1. При больших ошибках прогноза $\Delta t_{\text{эп-р}}$ в сторону „перетопа” ($\Delta t_{\text{эп-р}} < 0$) и „недотопа” ($\Delta t_{\text{эп-р}} > 0$), если $\sigma_{\Delta Q} \neq 0$ и $\Delta Q_0 \neq 0$, расход тепла при „перетопе” и „недотопе” будет иметь линейную зависимость, при этом

$$Q_{\Pi}(\Delta t_{\text{эп-р}}) = -\frac{Q_p}{t_{\Pi} - t_p} \Delta t_{\text{эп-р}} \quad (14)$$

и

$$Q_{\text{н}}(\Delta t_{\text{эп-р}}) = \frac{Q_p}{t_{\Pi} - t_p} \Delta t_{\text{эп-р}}. \quad (15)$$

Если при тех же условиях $\Delta t_{\text{эп-р}} = 0$, то

$$Q_{\Pi}(0) = Q_{\text{н}}(0) = \frac{\sigma_{\Delta Q}}{\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\Delta Q_0}{\sigma_{\Delta Q}} \right)^2 \right]. \quad (16)$$

При ошибочных прогнозах ТЭЦ имеет возможность корректировать расход тепла в соответствии с фактической погодой. За период действия прогноза T потребитель будет работать с ошибочным прогнозом $\Delta t < T$. Остальное время $T - \Delta t$ режим работы ТЭЦ устанавливается в соответствии с точным значением приведенной температуры воздуха.

В итоге, функцию метеорологических потерь ТЭЦ $S(\Delta t_{\text{эп-р}})$ запишем так

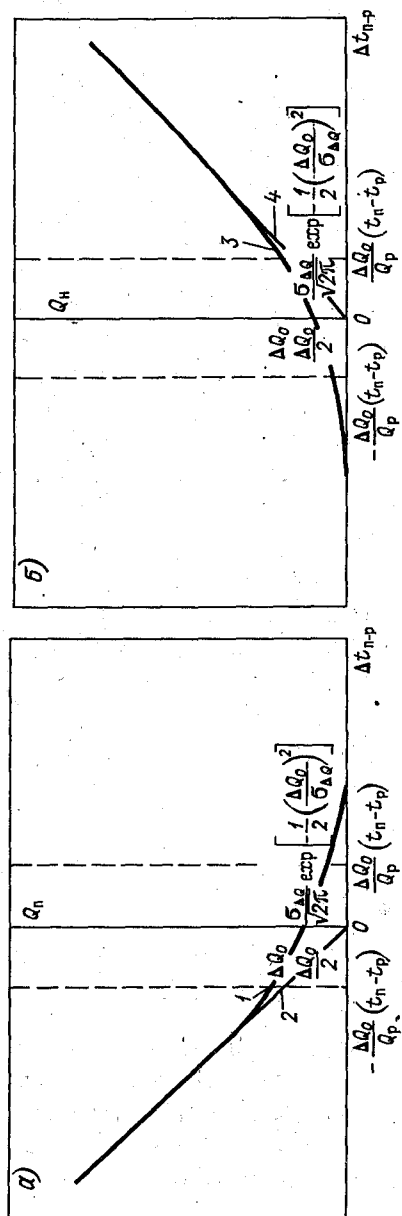


Рис. 1. Зависимости расходов тепла „перетопа“ $Q_n(a)$ и „недотопа“ $Q_n(b)$ от ошибки прогноза температуры воздуха.
1 — „перетоп“ по (10); 2 — „перетоп“ по (14); 3 — „недотоп“ по (11) и 4 — „недотоп“ по (15).

$$S(\Delta t_{эп-р}) = c_n [\Delta \tau Q_n(\Delta t_{эп-р}) + (T - \Delta \tau) Q(0)] + c_{п} [\Delta \tau Q_n(\Delta t_{эп-р}) + (T - \Delta \tau) Q(0)] = c_{п} \Delta \tau Q_n(\Delta t_{эп-р}) + c_n \Delta \tau Q_n(\Delta t_{эп-р}) + (c_{п} + c_n)(T - \Delta \tau) Q(0), \quad (17)$$

где $c_{п}$ — себестоимость тепла ТЭЦ (тыс. руб./МВт); c_n — масштаб потерь в народном хозяйстве (в пределах города, района) (тыс. руб./МВт).

В случае точного прогноза ($\Delta t_{эп-р} = 0$)

$$S(0) = c_{п} \Delta \tau Q_n(0) + c_n \Delta \tau Q_n(0) + (c_n + c_{п})(T - \Delta \tau) Q(0) = (c_n + c_{п}) T Q(0). \quad (18)$$

Подставляя в (17) выражения (10), (11), (16) получим в явном виде зависимость метеорологических потерь ТЭЦ при отоплении от ошибок прогноза приведенной (эффективной) температуры воздуха

$$\begin{aligned} S(\Delta t_{эп-р}) = & \Delta \tau \frac{\sigma_{\Delta Q}}{\sqrt{2\pi}} \left\{ c_{п} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\Delta Q_0 + \frac{Q_p}{t_{п} - t_p} \Delta t_{эп-р}}{\sigma_{\Delta Q}} \right)^2 \right] + \right. \\ & + c_n \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\Delta Q_0 - \frac{Q_p}{t_{п} - t_p} \Delta t_{эп-р}}{\sigma_{\Delta Q}} \right)^2 \right] \left. \right\} + \\ & + \frac{\Delta \tau Q_p}{t_{п} - t_p} \Delta t_{эп-р} \left\{ c_n \left[\frac{1}{2} - \Phi \left(\frac{\Delta Q_0 - \frac{Q_p}{t_{п} - t_p} \Delta t_{эп-р}}{\sigma_{\Delta Q}} \right) \right] - \right. \\ & - c_{п} \left[\frac{1}{2} - \Phi \left(\frac{\Delta Q_0 + \frac{Q_p}{t_{п} - t_p} \Delta t_{эп-р}}{\sigma_{\Delta Q}} \right) \right] \left. \right\} + \\ & + \frac{\sigma_{\Delta Q}}{\sqrt{2\pi}} \left\{ \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\Delta Q_0}{\sigma_{\Delta Q}} \right)^2 \right] \right\} (T - \Delta \tau) (c_n + c_{п}). \quad (19) \end{aligned}$$

В качестве примера рассмотрим метеорологические потери Печорской ГРЭС. Для этого были использованы следующие параметры: $Q_p = 71,5$ МВт, $\Delta Q_0 = Q_p \delta t_{150/70} = 71,5 \cdot 0,025 = 1,8$ МВт, $\sigma_{\Delta Q} = 3,0$ МВт, $t_{п} = 16,2$ °C, $t_p = -41$ °C, $\Delta \tau = 6$ ч, $T = 12$ ч, $c_{п} = 0,00416$ тыс. руб./МВт; $c_n = 0,026$ тыс. руб./МВт. Получены следующие результаты расчета:

Ошибка прогноза, $\Delta t_{\text{эп-р}}$ °C	-10	-7	-5	-3	-1	
Метеорологические потери, $S(\Delta t_{\text{эп-р}})$, тыс. руб./ прогноз	0,489	0,397	0,337	0,289	0,305	
Ошибка прогноза, $\Delta t_{\text{эп-р}}$ °C	0	1	3	5	7	10
Метеорологические потери, $S(\Delta t_{\text{эп-р}})$, тыс. руб./прогноз	0,361	0,459	0,760	1,145	1,533	2,115

Наименьшие потери ГРЭС несет при ошибке прогноза в сторону „перетопа” $\Delta t_{\text{эп-р}} = -2$ °C.

Функция потерь, представленная формулой (19) применима для любого коммунального или промышленного теплового источника и позволяет установить наиболее оптимальную стратегию использования прогнозов приведенной температуры или только температуры воздуха для регулирования режима отопления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анапольская Л. Е. Оценка дефицита тепла в различных климатических условиях. — Труды ГГО, 1971, вып. 285, с. 36–56.
2. Анапольская Л. Е. Метеорологические факторы теплового режима зданий. — Л.: Гидрометеиздат, 1973. — 239 с.
3. Апарцев М. М. Наладка водяных систем централизованного теплоснабжения. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 203 с.
4. Багров Н. А. О хозяйственной полезности гидрометеорологических прогнозов. — Труды Гидрометцентра СССР, 1975, вып. 159, с. 101–114.
5. Богословский В. Н. Строительная теплофизика. — М.: Высшая школа, 1982. — 415 с.
6. Буз А. И. О специализированном прогностическом обслуживании с учетом экономической эффективности прогнозов. — Метеорология и гидрология, 1968, № 2, с. 79–81.
7. Жуковский Е. Е., Чудновский А. Ф. Методы оптимального исследования метеорологической информации при принятии решений. — Л.: Гидрометеиздат, 1978. — 52 с.
8. Жуковский Е. Е. Метеорологическая информация и экономические решения. — Л.: Гидрометеиздат, 1981. — 303 с.
9. Израэль Ю. А. Роль атмосферных, геофизических наук в обеспечении продовольственной программы. — В кн.: „Продовольственная программа. Задачи науки”. — М.: Наука, 1983, с. 80–86.
10. Карпеев А. И. О математической модели оценки эффективности краткосрочных прогнозов температуры воздуха. — В сб.: Эффективность гидрометеорологического обслуживания народного хозяйства. — Л.: Гидрометеиздат, 1973, с. 45–51.
11. Карпеев Г. А. О математической модели оценки эффективности прогнозов погоды в электроэнергетике. — Труды Гидрометцентра СССР, 1974, вып. 142, с. 13–19.
12. Карпеев Г. А., Кузнецова Н. Н. Методические указания по оценке эффективности использования оперативных прогнозов температуры воздуха теплосетью. Гидрометцентр СССР. — М.: Гидрометеиздат, 1973. — 13 с.

13. Кузнецова Н. Н. Результаты оценки эффективности обслуживания ТЭЦ Мосэнерго ежедневными прогнозами температуры воздуха. — В кн.: Эффективность гидрометеорологического обслуживания народного хозяйства. — Л.: Гидрометеиздат, 1973, с. 56—62.

14. Мастерских А. М. Экономический эффект прогноза погоды для центральной отопительной системы Москвы. — Труды Гидрометцентра СССР, вып. 90, 1971, с. 106—112.

12. Методические указания по определению расходов топлива, электроэнергии на выработку тепла отопительными котельными коммунальных теплоэнергетических предприятий. — М.: Стройиздат, 1979. —79 с.

16. Монокровиц Э. И. Эффективность учета краткосрочных прогнозов температуры воздуха при регулировании отпуска тепла. — Труды КазНИГМИ, 1977, вып. 62, с. 79—87.

17. Справочник по климату СССР. Выпуск 1. Температура воздуха и почвы. — Л.: Гидрометеиздат, 1965. —359 с.

18. Строительные нормы и правила. Ч. 2, раздел А, глава 7. „Строительная теплотехника. Нормы проектирования“. — М.: Госстройиздат, 1973. —32 с.

19. Теплотехнический справочник /Под ред. В. Н. Юренева и П. Д. Лебедева. — М.: Энергия, 1975. —743 с.

20. Хандожко Л. А. Метеорологическое обеспечение народного хозяйства. —Л.: Гидрометеиздат, 1981. —230 с.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПРОГНОЗА ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ДЛЯ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЕЙ

В энергетическом балансе страны расходы топлива на теплоэлектростанциях (ТЭЦ) постоянно растут. Ускоренное развитие народного хозяйства в будущем потребует еще больше энергоресурсов. Следовательно, реализация энергосберегающей политики в системе теплоснабжения страны может дать ощутимый экономический эффект. Особое значение здесь приобретает учет метеорологических факторов [1, 2, 3, 4, 5].

Задача, прежде всего, сводится к нахождению некоторой функции, которая связывала бы затраты тепла на отопление с температурой наружного воздуха. Большая инерционность теплоносителя исключает постоянную подстройку ТЭЦ (ГРЭС) под „текущую” температуру. Возникает необходимость дискретной подстройки на основании ожидаемых значений температуры воздуха.

Функции тепловых потерь ТЭЦ (ГРЭС) при известных технико-экономических характеристиках и последующих потерь потребителей тепла отражают последствия ошибочности учета ожидаемых условий погоды в регулировании режима работы теплоисточника.

В работе [6] рассматривалось общее решение одного из возможных подходов определения функции потерь ТЭЦ.

В настоящей статье будет изложена методика оценки экономического эффекта прогноза температуры воздуха и эффективной температуры воздуха для теплоэлектростанций. Функции тепловых потерь в [6] были представлены в виде

$$\begin{aligned}
 Q_{\Pi}(\Delta t_{\Pi}) &= \frac{\sigma \Delta Q}{\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(\Delta Q_0 + \frac{Q_p}{t_{\Pi} - t_p} \Delta t_{\Pi})^2}{2\sigma^2 \Delta Q} \right] - \\
 &- \frac{Q_p}{t_{\Pi} - t_p} \Delta t_{\Pi} \left[\frac{1}{2} - \Phi \left(\frac{\Delta Q_0 + \frac{Q_p}{t_{\Pi} - t_p} \Delta t_{\Pi}}{\sigma \Delta Q} \right) \right], \\
 Q_{\Pi}(\Delta t_{\Pi}) &= \frac{\sigma \Delta Q}{\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(\Delta Q_0 - \frac{Q_p}{t_{\Pi} - t_p} \Delta t_{\Pi})^2}{2\sigma^2 \Delta Q} \right] +
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$+ \frac{Q_p}{t_n - t_p} \Delta t_{np} \left[\frac{1}{2} - \Phi \left(\frac{\Delta Q_0 - \frac{Q_p}{t_n - t_p} \Delta t_{np}}{\sigma_{\Delta Q}} \right) \right], \quad (2)$$

где $\Delta t_{np} = (t_{np} - t)$ – ошибка прогноза температуры воздуха (t_{np} , t – соответственно прогнозируемое и фактическое значение температуры воздуха); Q_p – расчетная тепловая нагрузка (мощность ТЭЦ в МВт); ΔQ_0 – средняя погрешность контроля тепла (технологические потери); t_p и t_n – соответственно расчетная температура наружного воздуха и температура воздуха в отапливаемом помещении [1]; $\sigma_{\Delta Q}$ – среднеквадратическое отклонение расхода тепла; $\Phi(x)$ – табулированная функция интеграла вероятности.

Анализ формул (1) и (2) показывает, что если ошибка прогноза равна или меньше „ $3\sigma_{\Delta Q}$ ”, т. е.

$$|\Delta t_{np}| \leq \frac{3\sigma_{\Delta Q}}{Q_p} (t_n - t_p), \quad (3)$$

то расчеты Q_n и Q_H выполняются по полным формулам (1) и (2) (практически расчеты упрощаются при использовании соответствующих номограмм, что будет показано).

Если же ошибки велики, т. е.

$$|\Delta t_{np}| > \frac{3\sigma_{\Delta Q}}{Q_p} (t_n - t_p), \quad (4)$$

то расход тепла перетопы и недотопы определяется по более простым формулам

$$\begin{aligned} Q_n(\Delta t_{np}) &= - \frac{Q_p}{t_n - t_p} \Delta t_{np}, \\ Q_H(\Delta t_{np}) &= \frac{Q_p}{t_n - t_p} \Delta t_{np}, \end{aligned} \quad (5)$$

В пределах „ $3\sigma_{\Delta Q}$ ” отмечается наибольшее число ошибок прогноза температуры воздуха.

Средняя величина метеорологических потерь (тыс. руб.) на один прогноз записывается в виде

$$\begin{aligned} S(\Delta t_{np}) &= \Delta \tau [c_n Q_n(\Delta t_{np}) + c_H Q_H(\Delta t_{np})] + \\ &+ (T - \Delta \tau) (c_n + c_H) Q_0, \end{aligned} \quad (6)$$

где Δt – среднее значение периода времени, в течение которого производится отопление в соответствии с прогнозом средней температуры, r ; c_n – себестоимость выработки тепла ТЭЦ (тыс. руб./МВт); c_H – масштаб средних потерь в народном хозяйстве при „недотопе” в расчете на единицу недоотпущенного тепла (тыс. руб./МВт); $\Delta t_{пр}$ – ошибка прогноза средней температуры воздуха в период действия прогноза ($^{\circ}\text{C}$). T – период прогноза средней температуры воздуха (r).

В том случае, когда потребитель полностью доверяет прогнозу $\Delta t = T$ формула (6) принимает вид

$$S(\Delta t_{пр}) = T[c_n Q_n(\Delta t_{пр}) + c_H Q_H(\Delta t_{пр})], \quad (7)$$

Масштаб потерь за счет недоотпущенной тепловой энергии примем равным $c_H = 5c_n$.

Рассмотрим на примере порядок расчета функции (матрицы) метеорологических потерь ТЭЦ и оценку экономического эффекта использования ТЭЦ прогнозов температуры воздуха.

Решение задачи будем выполнять в два этапа. На первом этапе рассчитываем матрицу метеорологических потерь ТЭЦ. На втором – установим систематические и общие потери ТЭЦ при использовании методических и инерционных прогнозов, т. е. в итоге получим экономический эффект.

Расчеты выполним на примере работы Печорской ГРЭС (табл. 1). По данным ГРЭС, справочным материалам и метеорологическим данным получены следующие параметры: $Q_p = 71,4$ МВт, $t_p = -41^{\circ}\text{C}$, $t_n = 16^{\circ}\text{C}$, $\delta t_b = \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, $c_n = 4,16 \cdot 10^{-3}$ тыс. руб. Кроме того, средняя температура за отопительный период $t_o = -8^{\circ}\text{C}$, расчетные значения температуры прямой и обратной воды $t'_{вр} = 130^{\circ}\text{C}$, $t''_{вр} = 70^{\circ}\text{C}$.

На первом этапе будем выполнять следующие расчеты.

1. Находим среднеквадратическое отклонение тепловых потерь $\sigma_{\Delta Q}$. В данном примере $\sigma_{\Delta Q}$ определяем по фактическим ежедневным данным температуры прямой $t'_в$ и обратной $t''_в$ воды по следующей формуле

$$\sigma_{\Delta Q} = \frac{Q_p}{\Delta t_{вр}} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\Delta t_b - \Delta t_{вр})_i^2}, \quad (8)$$

где $\Delta t_b = t'_в - t''_в$ – перепад температур прямой и обратной воды по ежедневным фактическим данным, $\Delta t_{вр}$ – перепад температур прямой и обратной воды, рассчитанный графически или с помощью уравнения регрессии

$$\Delta t_{вр} = a + bt,$$

Таблица 1

Расходы тепла „перетопа“ $Q_{\text{п}}^*$, „недотопа“ $Q_{\text{н}}$
и метеорологические потери $S_{\text{п}}$, $S_{\text{н}}$ и S на Печорской ГРЭС

Параметр расчета	Ошибка прогноза температуры воздуха, $\Delta t_{\text{пр}}$, °C													
	Ошибки „перетопа“							Ошибки „недотопа“						
	-14	-12	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10	12
$\theta_{\text{пр}}$			-2,75	-2,20	-1,65	-1,10	-0,57	0						
$Q_{\text{п}}$			2,75	2,20	1,65	1,10	0,62	0,35	0,15	0				
$Q_{\text{п}} \text{ MBт}$	17,54	15,04	12,92	10,34	7,76	5,17	2,91	1,64	0,7	0				
$S_{\text{п}}$	0,88	0,76	0,65	0,52	0,39	0,26	0,15	0,08	0,04	0				
тыс. руб., прогноз														
$\theta_{\text{пр}}$								0	0,57	1,10	1,65	2,20	2,75	
$Q_{\text{н}}$							0,15	0,35	0,62	1,10	1,65	2,20	2,75	
$Q_{\text{н}} \text{ MBт}$							0,7	1,64	2,91	5,17	7,76	10,34	12,92	15,04
$S_{\text{н}}$							0,18	0,41	0,73	1,29	1,94	2,59	3,23	3,76
тыс. руб., прогноз														
S	0,88	0,76	0,65	0,52	0,39	0,26	0,33	0,49	0,77	1,29	1,94	2,59	3,23	3,76
тыс. руб., прогноз														4,38

$\Delta t_{\text{врг}}$ — максимальный перепад температур прямой и обратной воды, определяемый графически или с помощью приведенного уравнения регрессии при $t = t_p = -41^\circ\text{C}$.

При наличии ежедневных данных Q_i значение $\sigma_{\Delta Q}$ находится на их основании. В практике можно воспользоваться и более простым приемом.

Будем находить $\sigma_{\Delta Q}$ по формуле

$$\sigma_{\Delta Q} = \tilde{\sigma}_{\Delta Q} Q_p \frac{t_p - \bar{t}_{\text{от}}}{t_p - t_p} = 0,175; \quad Q_p \frac{t_p - \bar{t}_{\text{от}}}{t_p - t_p} \quad (9)$$

где $\sigma_{\Delta Q} = 0,175$ — относительное среднеквадратическое отклонение (принимается постоянным).

2. Среднюю погрешность контроля тепла в (1) и (2) определяем по формуле

$$\Delta Q_0 = 2Q_p \frac{\delta t_{\text{в}}}{\Delta t_{\text{врг}}} \quad (10)$$

где $\Delta t_{\text{врг}}$ — максимальный перепад прямой $t'_\text{в}$ и обратной $t''_\text{в}$ воды при t_p .

В нашем примере $\Delta t_{\text{врг}} = 30^\circ\text{C}$. Отсюда

$$\Delta Q_0 = 2 \cdot 71,4 \cdot \frac{0,5}{30} = \pm 2,4 \text{ МВт.}$$

3. Далее определяем

$$\lambda = \frac{\Delta Q_0}{\sigma_{\Delta Q}} = 0,5.$$

4. Интервал, в пределах которого наибольшее число ошибок $\Delta t_{\text{пр}}$ составляет величину

$$|\Delta t_{\text{пр}}| = \pm \frac{3\sigma_{\Delta Q}}{Q_p} (t_p - t_p) = \pm \frac{3 \cdot 4,7(16 + 41)}{71,4} \approx \pm 11^\circ\text{C}$$

В пределах малых и средних ошибок ($\pm 11^\circ\text{C}$) расчет $Q_\text{п}$ и $Q_\text{н}$ выполняется по полным формулам (1) и (2). Расчеты $Q_\text{п}$ и $Q_\text{н}$ можно упростить, если ввести промежуточные функции $\tilde{Q}_\text{п} = f(\lambda, 0_{\text{пр}})$ и $\tilde{Q}_\text{н} = f(\lambda, \theta_{\text{пр}})$. Тогда

$$Q_\text{п}(\Delta t_{\text{пр}}) = \sigma_{\Delta Q} \tilde{Q}_\text{п}[\lambda, 0(\Delta t_{\text{пр}})]$$

и

$$Q_\text{н}(\Delta t_{\text{пр}}) = \sigma_{\Delta Q} \tilde{Q}_\text{н}[\lambda, \theta(\Delta t_{\text{пр}})]. \quad (11)$$

В свою очередь значения $\tilde{Q}_\text{п}$ и $\tilde{Q}_\text{н}$ можно представить в виде

$$\tilde{Q}_n = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} (\lambda + \theta_{\text{пр}})^2 \right] - \theta_{\text{пр}} \left[\frac{1}{2} - \Phi(\lambda + \theta_{\text{пр}}) \right],$$

$$\tilde{Q}_n = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} (\lambda - \theta_{\text{пр}})^2 \right] + \theta_{\text{пр}} \left[\frac{1}{2} - \Phi(\lambda - \theta_{\text{пр}}) \right]. \quad (12)$$

В формулах (11) и (12) $\theta_{\text{пр}}$ — относительная ошибка прогноза

$$\theta_{\text{пр}} = \frac{Q_p}{\sigma_{\Delta Q}} \frac{\Delta t_{\text{пр}}}{t_n - t_p}, \quad (13)$$

а с учетом

$$\sigma_{\Delta Q} = \tilde{\sigma}_{\Delta Q} Q_p \frac{t_n - \bar{t}_{\text{от}}}{t_n - t_p}$$

формула (13) принимает вид

$$\theta_{\text{пр}} = \frac{\Delta t_{\text{пр}}}{\tilde{\sigma}_{\Delta Q} (t_n - \bar{t}_{\text{от}})}, \quad (14)$$

что удобно для построения номограммы (рис. 1).

5. Относительную ошибку прогноза $\theta_{\text{пр}}$ определяем как при положительных, так и при отрицательных $\Delta t_{\text{пр}}$ по формуле (14).

Для Печорской ГРЭС $\tilde{\sigma}_{\Delta Q} = 0,15$ было получено по формуле

$$\tilde{\sigma}_{\Delta Q} = \frac{\sigma_{\Delta Q}}{Q_p} \frac{t_n - t_p}{t_n - t_{\text{от}}} = \frac{4,7}{71,4} \cdot \frac{16 + 41}{16 + 8} = 0,15$$

при условии, что предварительно установлено $\sigma_{\Delta Q}$.

Для практических расчетов рекомендуем в дальнейшем принимать $\tilde{\sigma}_{\Delta Q} = 0,175$.

Расчет $Q_{\text{пр}}$ будем выполнять по номограмме, представленной на рис. 1.

Входные параметры номограммы: $\pm \Delta t_{\text{пр}}$, $\tilde{\sigma}_{\Delta Q}$ и $t_n - t_p$.

В данном примере: $\tilde{\sigma}_{\Delta Q} = 0,15$, $t_n = 16^\circ\text{C}$, $\bar{t}_{\text{от}} = -8^\circ\text{C}$, $t_n - \bar{t}_{\text{от}} = 24^\circ\text{C}$. Значения $\theta_{\text{пр}}$ заносятся в табл. 1. Как видим, они имеют симметричное распределение (строка первая и пятая).

Далее, в пределах тех же ошибок $\pm 11^\circ\text{C}$ (для данного примера), используя данные табл. 2, определяем значения коэффициентов $\tilde{Q}_n$ и $\tilde{Q}_n$ и заносим в табл. 1 (строка вторая и шестая).

Затем, в пределах тех же ошибок $\pm 11^\circ\text{C}$, рассчитываем $Q_n = \sigma_{\Delta Q} \tilde{Q}_n = 4,7 \tilde{Q}_n$, и аналогично $Q_n = \sigma_{\Delta Q} \tilde{Q}_n = 4,7 \tilde{Q}_n$. Значения Q_n и Q_n заносятся в соответствующие строки табл. 1. Из данных табл. 1 следу-

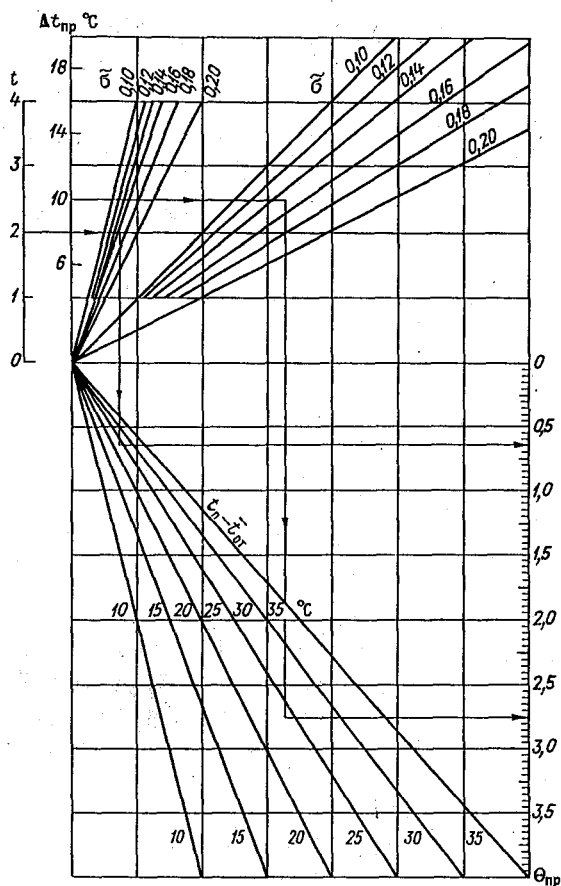


Рис. 1. Номограмма для расчета относительной ошибки $\theta_{пр}$.

ет, что при малых положительных ошибках $\Delta t_{пр}$ возможен „перетоп” $Q_{п}$, а при малых отрицательных ошибках – „недотоп” $Q_{н}$.

6. В итоге, определяются метеорологические потери потребителя (ТЭЦ) $S_{п}$ и $S_{н}$

$$S_{п} = T_{с_{п}} Q_{п} = 12 \cdot 4,16 \cdot 10^{-3} Q_{н} = 0,05 Q_{н}$$

и

$$S_{н} = T_{с_{н}} Q_{н} = 12 \cdot 20,8 \cdot 10^{-3} Q_{н} = 0,25 Q_{н}$$

Таблица 2

Значения $\tilde{Q}_\Pi$ и $\tilde{Q}_H$ и зависимости от относительной
ошибки прогноза $\theta_{\text{пр}}$ и параметра λ

$\tilde{Q}_{\Pi, H}$	λ	$\theta_{\text{пр}}$								
		-3,0	-2,0	-1,0	-0,5	0	0,5	1,0	2,0	3,0
$\tilde{Q}_\Pi$	0,1	3,0	2,0082	1,0820	0,6960	0,3970	0,1622	0,0822	0,0002	0
	0,5	2,9989	1,9959	1,0436	0,6489	0,3521	0,1626	0,0627	0,0051	0
	1,0	2,9856	1,9246	0,8989	0,5063	0,2420	0,0961	0,0312	0,0016	0
	1,5	2,9291	1,7351	0,6606	0,3214	0,1295	0,0426	0,0113	0,0003	0
	2,0	2,7659	1,3989	0,4007	0,1629	0,0540	0,0144	0,0030	0	0
	3,0									
$\tilde{Q}_H$	0,1	0	0,0082	0,0822	0,1622	0,3970	0,6960	1,0820	2,0082	3,0
	0,5	0	0,0051	0,0627	0,1626	0,3521	0,6489	1,0436	1,9959	2,9989
	1,0	0	0,0016	0,0312	0,0961	0,2420	0,5063	0,8989	1,9246	2,9856
	1,5	0	0,0003	0,0113	0,0426	0,1295	0,3214	0,6606	1,7351	2,9291
	2,0	0	0	0,0030	0,0144	0,0540	0,1629	0,4007	1,3989	2,7659
	3,0									

7. Для остальных ошибок (превышающих 11 °C) значения Q_Π и Q_H рассчитываются по формулам

$$Q_\Pi = - \frac{Q_p}{t_\Pi - t_p} \Delta t_{\text{пр}} = -1,253 \Delta t_{\text{пр}},$$

$$Q_H = \frac{Q_p}{t_\Pi - t_p} \Delta t_{\text{пр}} = 1,253 \Delta t_{\text{пр}}.$$

8. На основании Q_Π и Q_H определяются метеорологические потери при больших ошибках (более 11 °C)

$$S_\Pi = T_{c_\Pi} Q_\Pi = 12 \cdot 4,16 \cdot 10^{-3} \cdot 1,253 \Delta t_{\text{пр}} = 0,063 \Delta t_{\text{пр}}$$

$$S_H = T_{c_H} Q_H = 12 \cdot 20,8 \cdot 10^{-3} \cdot 1,253 \Delta t_{\text{пр}} = 0,313 \Delta t_{\text{пр}}$$

В итоге, табл. 1 заполняется полностью. Суммарное значение $S(\Delta t_{\text{пр}}) = S_\Pi + S_H$ представляет собой функцию метеорологических потерь (формула (7)), что позволяет построить матрицу метеорологических потерь Печорской ГРЭС (табл. 3), построение которой на основании $S(\Delta t_{\text{пр}})$ не вызывает сложности. Например, при $\Delta t_{\text{пр}} = 2^\circ \text{C}$ $S(\Delta t_{\text{пр}}) = 0,77$ тыс. руб./прогноз („недотоп“). Эти значения записываются параллельно главной диагонали для всех ошибок 2 °C. При $\Delta t_{\text{пр}} = -2^\circ \text{C}$ $S(\Delta t_{\text{пр}}) = 0,33$ тыс. руб./прогноз („перетоп“). Эти значения также записываются параллельно главной диагонали для всех ошибок -2 °C и так далее.

Матрица метеорологических потерь

Фактическая температура Φ_i	Прогнозируемая									
	-43... -41	-40... -38	-37... -35	-34... -32	-31... -29	-28... -26	-25... -23	-22... -20	-19... -17	-16... -14
-43...-41	0,49	1,03	1,94	2,91	3,76	4,70	5,63	6,57	7,51	8,45
-40...-38	0,30	0,49	1,03	1,94	2,91	3,76	4,70	5,63	6,57	7,51
-37...-35	0,39	0,30	0,49	1,03	1,94	2,91	3,76	4,70	5,63	6,57
-34...-32	0,59	0,39	0,30	0,49	1,03	1,94	2,91	3,76	4,70	5,63
-31...-29	0,76	0,59	0,39	0,30	0,49	1,03	1,94	2,91	3,76	4,70
-28...-26	0,95	0,76	0,59	0,39	0,30	0,49	1,03	1,94	2,91	3,76
-25...-23	1,13	0,95	0,76	0,59	0,39	0,30	0,49	1,03	1,94	2,91
-22...-20	1,32	1,13	0,95	0,76	0,59	0,39	0,30	0,49	1,03	1,94
-19...-17	1,51	1,32	1,13	0,95	0,76	0,59	0,39	0,30	0,49	1,03
-16...-14	1,70	1,51	1,32	1,13	0,95	0,76	0,59	0,39	0,30	0,49
-13...-11	1,89	1,70	1,51	1,32	1,13	0,95	0,76	0,59	0,39	0,30
-10...- 8	2,08	1,89	1,70	1,51	1,32	1,13	0,95	0,76	0,59	0,39
-7...-5		2,08	1,89	1,70	1,61	1,32	1,13	0,95	0,76	0,59
-4...-2			2,08	1,89	1,70	1,51	1,32	1,13	0,95	0,76
-1...+1				2,08	1,89	1,70	1,51	1,32	1,13	0,95
+2...+4					2,08	1,89	1,70	1,51	1,32	1,13
+5...+7						2,08	1,89	1,70	1,51	1,32
+8...+10							2,08	1,89	1,70	1,51
+11...+13								2,08	1,89	1,70
+14...+16									2,08	1,89

„ПЕРЕТОП“

В табл. 3 выделена область (ограничена жирными ломаными линиями) метеорологических потерь, которые возможны в пределах реальных максимальных ошибок ($\Delta t_{\text{пр}})_{\text{max}}$, характерных для данного пункта. Максимально возможные ошибки ($\Delta t_{\text{пр}})_{\text{max}}$ устанавливаются на основании инерционного прогноза. За пределами этих ошибок – область гипотетических метеорологических потерь ТЭЦ.

Оценка экономического эффекта прогноза температуры воздуха или эффективной температуры выполняется за отопительный сезон или за несколько сезонов. В данном примере – за 1982–1983 и 1983–1984 гг. За отопительные сезоны составлены таблицы сопряженности (табл. 4) методических – в числителе и инерционных – в знаменателе прогнозов. Заметим, что инерционные прогнозы обладают свойством несмещенности: частота градаций инерционного прогноза равна частоте их природной (климатической) реализации.

В качестве критерия оптимальности будем использовать среднюю (в байесовском смысле) величину потерь

Таблица 3

Печорской ГРЭС, Печора (тыс. руб/прогноз)

температура Π_j									
-13...	-10...	-7...	-4...	-1...	+2...	+5...	+8...	+11...	+14...
-11	-8	-5	-2	+1	+4	+7	+10	+13	+16
9,39	10,33								
8,45	9,39	10,33							
7,51	8,45	9,39	10,33						
6,57	7,51	8,45	9,39	10,33					
5,63	6,57	7,51	8,45	9,39	10,33				
4,70	5,63	6,57	7,51	8,45	9,39	10,33			
3,76	4,70	5,63	6,57	7,51	8,45	9,39	10,33		
2,91	3,76	4,70	5,63	6,57	7,51	8,45	9,39	10,33	
1,94	2,91	3,76	4,70	5,63	6,57	7,51	8,45	9,39	10,33
1,03	1,94	2,91	3,76	4,70	5,63	6,57	7,51	8,45	9,39
0,49	1,03	1,94	2,91	3,76	4,70	5,63	6,57	7,51	8,45
0,30	0,49	1,03	1,94	2,91	3,76	4,70	5,63	6,57	7,51
0,39	0,30	0,49	1,03	1,94	2,91	3,76	4,70	5,63	6,57
0,59	0,39	0,30	0,49	1,03	1,94	2,91	3,76	4,70	5,63
0,76	0,59	0,39	0,30	0,49	1,03	1,94	2,91	3,76	4,70
0,95	0,76	0,59	0,39	0,30	0,49	1,03	1,94	2,91	3,76
1,13	0,95	0,76	0,59	0,39	0,30	0,49	1,03	1,94	2,91
1,32	1,13	0,95	0,76	0,59	0,39	0,30	0,49	1,03	1,94
1,51	1,32	1,13	0,95	0,76	0,59	0,39	0,30	0,49	1,03
1,70	1,51	1,32	1,13	0,95	0,76	0,59	0,39	0,30	0,49

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m s_{ij} q_{ij}, \quad (15)$$

где s_{ij} и q_{ij} — соответственно элементы матрицы метеорологических потерь и условные вероятности осуществления текстов прогнозов Π_j , полученные на основании таблиц сопряженности прогнозов ($q_{ij} = n_{ij}/n_{0j}$).

Полагая, что потребитель, получив прогноз температуры воздуха Π_j , может ориентироваться на любую иную градацию температуры в поисках такого варианта, при котором ТЭЦ (ГРЭС) будет работать с наименьшими метеорологическими потерями. Перебор всех возможных значений R определяется следующей формулой

$$R_k = \sum_{k=1}^{n=m} s_{ik} q_{kj}, \quad (16)$$

Матрица сопряженности методических (числитель) и

Фактическая температура Φ_i	Прогнозируемая									
	-43... -41	-40... -38	-37... -35	-34... -32	-31... -29	-28... -26	-25... -23	-22... -20	-19... -17	-16... -14
-43...-41										
-40...-38		1/	1/1	/1						
-37...-35	2/	1/1	3/5	1/	1/	/1	/1			
-34...-32		1/				/1				
-31...-29	1/	/1	1/		3/2	1/1	1/2			/1
-28...-26					4/1	6/4	/4	/1	1/	1/1
-25...-23					4/2	7/2	11/11	5/7	5/6	/2
-22...-20			/2	1/	1/1	1/1	3/4	9/3	5/8	2/1
-19...-17						3/1	6/4	4/8	15/16	9/7
-16...-14					/1	/1	/2	7/	8/4	11/9
-13...-11							/1	/2	4/5	3/9
-10...- 8							/3	/2	/2	8/4
-7...-5								/1		2/1
-4...-2									1/	2/2
-1...+1										
+2...+4										
+5...+7										
+8...+10										
+11...+13										
+14...+16										
$\sum_{i=1}^n n_i$	3/0	3/2	5/8	2/1	13/7	18/12	21/32	24/24	39/41	38/37

где индекс k : - отражает решение потребителя ориентироваться на некоторую фазу (градацию) температуры при известном уже тексте прогноза Π_j .

Пусть, например, при тексте методического прогноза $\Pi_1 = -43...-41^\circ\text{C}$ потребитель принимает решение выдерживать режим работы теплоисточника в соответствии с этой температурой. Тогда, его условные потери (потери при заданном условии) будут равны

$$R_{11} = R(d_1/\Pi_1) = s_{11} \frac{n_{11}}{n_{01}} + s_{21} \frac{n_{21}}{n_{01}} + \dots + s_{n1} \frac{n_{n1}}{n_{01}} =$$

$$= 0,39 \cdot \frac{2}{3} + 0,76 \cdot \frac{1}{3} = 0,513$$

Если при том же тексте прогноза Π_1 , он будет ориентироваться на

Таблица 4

инерционных (знаменатель) прогнозов по г. Печора, 1982–1983, 1983–1984 гг.

температура, Π_j										$\sum_{j=1}^m n_j$
-13...	-10...	-7...	-4...	-1...	+2...	+5...	+8...	+11...	+14...	
-11	-8	-5	-2	+1	+4	+7	+10	+13	+16	
										0
										2
										8
										1
										7
	/1									12
/1	/1									32
2/2	/2									24
3/2	1/3									41
10/8	1/11	/1								37
22/11	9/8	1/3	1/1							40
17/9	18/16	14/14	1/6	1/3						59
6/4	9/7	26/22	14/16	/6						57
3/2	6/6	21/15	29/30	17/18	/5	/1				79
1/1	/1	4/2	32/22	54/59	18/19	4/7	/1	/1		113
	1/1		1/4	14/20	33/17	5/10	3/2	/2	/1	57
	/1			1/5	15/12	20/16	8/6	5/6	/3	49
	/1			1/1	1/3	1/8	7/6	11/3	1/	22
				/1	1/1	1/4	3/5	4/2	6/2	15
						/3	/2	1/1	3/	6
64/40	45/59	66/57	78/79	88/113	58/57	31/49	21/22	21/15	10/6	661

температуру $-40...-38^\circ\text{C}$, то в этом случае его условные потери составят

$$R_{21} = R(d_2/\Pi_1) = s_{12} \frac{n_{11}}{n_{01}} + s_{22} \frac{n_{21}}{n_{01}} + \dots + s_{n2} \frac{n_{n1}}{n_{01}} =$$

$$= 0,30 \cdot \frac{2}{3} + 0,59 \cdot \frac{1}{3} = 0,397$$

и т. д., вплоть до максимально возможных отклонений от текста прогноза Π_1 . Те же операции выполняются для текста прогноза $\Pi_2 = -40...-38^\circ\text{C}$ и далее по всем остальным Π_j . В итоге, согласно формуле (16) рассчитываются матрицы условных потерь при использовании методических (табл. 5) и инерционных (табл. 6) прогнозов.

Рассчитаем теперь общие средние потери при известных условных потерях и выбранной стратегии поведения потребителя.

Матрица потерь R_{ij} при использовании на Печорской ГРЭС оперативных

d_i	Прогноз температуры								
	-43... -41	-40... -38	-37... -35	-34... -32	-31... -29	-28... -26	-25... -23	-22... -20	-19... -17
-43...-41	0,513	0,427	0,446	0,855	0,947	1,123	1,248	1,419	
-40...-38	0,397	0,393	0,396	0,715	0,772	0,938	1,064	1,321	
-37...-35	0,457	0,607	0,578	0,720	0,616	0,755	0,875	1,044	1,148
-34...-32	0,787	1,153	1,066	0,895	0,508	0,577	0,703	0,860	0,964
-31...-29	1,457	1,960	1,844	1,265	0,520	0,438	0,529	0,678	0,780
-28...-26	2,283	2,870	2,704	1,650	0,735	0,457	0,430	0,508	0,620
-25...-23	3,153	3,970	3,584	2,030	1,228	0,723	0,503	0,434	0,511
-22...-20	4,103	4,697	4,528	2,595	1,985	1,286	0,834	0,540	0,529
-19...-17	5,007	5,633	5,444	3,330	2,872	2,072	1,482	0,921	0,770
-16...-14	5,947	6,570	6,384	4,255	3,792	2,926	2,320	1,582	1,265
-13...-11	6,883	7,510	7,322	5,210	4,704	3,827	3,208	2,398	1,998
-10...-8	7,823	8,450	8,262	6,105	5,634	4,763	4,143	3,302	2,862
-7...-5	8,763	9,390	9,202	7,045	6,571	5,684	5,052	4,234	3,743
-4...-2	9,703			7,980	7,510	6,624	5,991	5,146	4,647
-1...+1						7,562	6,928	6,084	5,563
+2...+4						8,502	7,868	7,021	6,501
+5...+7								7,961	7,440
+8...+10								8,901	
+11...+13									
+14...+16									

При использовании методических прогнозов и стратегии доверия

$$\begin{aligned}
 R_m &= \sum_{j=1}^m p_{0j} R_{ij}(i=j) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^m n_{0j} R_{ij}(i=j) = \\
 &= \frac{1}{661} (3 \cdot 0,513 + 3 \cdot 0,393 + 5 \cdot 0,578 + \dots + 10 \cdot 0,959) = \\
 &= 0,642 \text{ тыс. руб./прогноз.}
 \end{aligned}$$

Аналогично при использовании инерционных прогнозов

$$\begin{aligned}
 R_{ин} &= \frac{1}{N} \sum_{j=1}^m (n_{0j})_{ин} (R_{ij}(i=j))_{ин} = \\
 &= \frac{1}{661} (0 + 2 \cdot 0,445 + 8 \cdot 0,672 + 1 \cdot 1,940 + \dots + 6 \cdot 2,425) = \\
 &= 0,843 \text{ тыс. руб./прогноз.}
 \end{aligned}$$

Отсюда, согласно [7], рассчитываем экономический эффект при стратегии доверия

Таблица 5

методических прогнозов температуры воздуха

воздуха, Π_j										
-16...	-13...	-10...	-7...	-4...	-1...	+2...	+5...	+8...	+11...	+14...
-14	-11	-8	-5	-2	+1	+4	+7	+10	+13	+16
1,401										
1,213	1,380		1,737							
1,030	1,192	1,367	1,547	1,736						
0,855	1,006	1,179	1,358	1,547						
0,695	0,825	0,994	1,170	1,357	1,508					
0,577	0,658	0,812	0,984	1,169	1,318	1,516	1,639	1,790		
0,579	0,526	0,640	0,801	0,983	1,130	1,326	1,449	1,600	1,709	1,928
0,764	0,498	0,494	0,619	0,802	0,946	1,138	1,260	1,410	1,519	1,738
1,188	0,667	0,462	0,458	0,623	0,763	0,953	1,072	1,222	1,329	1,548
1,818	1,097	0,639	0,398	0,470	0,587	0,771	0,891	1,036	1,141	1,358
2,565	1,784	1,099	0,560	0,405	0,422	0,588	0,703	0,852	0,957	1,169
3,414	2,624	1,826	1,035	0,557	0,378	0,424	0,537	0,670	0,773	0,985
4,328	3,507	2,678	1,796	1,022	0,592	0,381	0,407	0,580	0,592	0,800
5,246	4,417	3,567	2,695	1,781	1,135	0,591	0,437	0,399	0,424	0,621
6,182	5,346	4,482	3,607	2,698	1,979	1,132	0,755	0,490	0,376	0,441
	6,279	5,405	4,518	3,617	2,902	1,951	1,378	0,876	0,578	0,346
	7,217	6,344	5,449	4,518	3,787	2,858	2,255	1,568	1,109	0,487
		7,280	6,385	5,453	4,710	3,754	3,186	2,440	1,929	0,959

$$\mathcal{E}_M = \beta N(R_{ин} - R_M - \mathcal{E}_{пп}) = 0,3 \cdot 661 (0,843 - 0,642 - 0,02) =$$

$$= 35,89 \text{ тыс. руб.}$$

Использование методических прогнозов при оптимальной стратегии позволяет установить следующие средние потери

$$R_{мо} = \sum_{j=1}^m p_{0j} R_{мин}(\Pi_j) = \frac{1}{661} (3 \cdot 0,397 + 3 \cdot 0,393 + 5 \cdot 0,396 +$$

$$+ 2 \cdot 0,715 + 13 \cdot 0,508 + \dots + 10 \cdot 0,346) = 0,430 \text{ тыс. руб./прогноз}$$

Экономический эффект оптимального использования методических прогнозов равен

$$\mathcal{E}_{мо} = \beta N(R_{ин} - R_{мо} - \mathcal{E}_{пп}) = 0,3 \cdot 661 (0,843 - 0,430 - 0,02) =$$

$$= 77,93 \text{ тыс. руб.}$$

Выигрыш при этом составляет

$$\Delta \mathcal{E} = \mathcal{E}_{мо} - \mathcal{E}_M = 77,93 - 35,89 = 42,04 \text{ тыс. руб.}$$

Матрица потерь R_{ij} при использовании на Печорской ГРЭС инерционных

d_i	Прогноз температуры								
	-43... -41	-40... -38	-37... -35	-34... -32	-31... -29	-28... -26	-25... -23	-22... -20	-19... -17
-43...-41	-	0,575	0,611	0,300	1,107	1,027	1,281		
-40...-38	-	0,445	0,531	0,490	0,926	0,848	1,099	1,276	1,321
-37...-35	-	0,440	0,672	1,030	0,737	0,705	0,924	1,088	1,133
-34...-32	-	0,665	1,078	1,940	0,580	0,617	0,770	0,907	0,950
-31...-29	-	1,215	1,724	2,910	0,514	0,645	0,650	0,720	0,764
-28...-26	-	1,970	2,386	3,760	0,614	0,848	0,625	0,582	0,595
-25...-23	-	2,850	3,012	4,700	0,969	1,249	0,772	0,543	0,479
-22...-20	-	3,805	3,764	5,630	1,528	1,864	1,138	0,695	0,510
-19...-17	-	4,695	4,597	6,570	2,234	2,619	1,718	1,092	0,782
-16...-14	-	5,635	5,530	7,510	3,059	3,435	2,417	1,673	1,310
-13...-11	-	6,570	6,477	8,450	3,917	4,326	3,181	2,385	2,050
-10...-8	-	7,510	7,395	9,390	4,839	5,255	4,027	3,185	2,896
-7...-5	-	8,450	8,335	10,330	5,780	6,188	4,916	4,025	3,779
-4...-2	-	9,390			6,706	7,120	5,847	4,947	4,710
-1...+1	-				7,646			5,877	5,637
+2...+4	-				8,584			6,811	6,572
+5...+7	-							7,746	7,510
+8...+10	-								8,450
+11...+13	-								
+14...+16	-								

Экономическая эффективность использования методических прогнозов находится следующим образом

$$P = \frac{\bar{z}}{z_{\text{пл}} N} = \frac{77,93}{661 \cdot 0,02} \cong 5,9 \quad (17)$$

Оперативные методические прогнозы шестикратно окупают себя по отношению к затратам на их получение.

Анализ матрицы сопряженности (см. табл. 4) показывает, что методические прогнозы температуры воздуха требуют еще увеличения их оправдываемости. Потенциальные возможности реальных прогнозов температуры можно установить по отношению к идеальным, для которых условные вероятности осуществления текстов прогнозов есть $q_{ij}(i=j) = 1$. Условные потери при идеальном прогнозе температуры воздуха и стратегии доверия в нашем примере составляют (см. табл. 3)

$$R_{ij}(i=j) = 0,49 \text{ тыс. руб./прогноз,}$$

Таблица 6

прогнозов температуры воздуха, на которую ориентируется потребитель (d_j)

воздуха, Π_j											
-16...	-13...	-10...	-7...	-4...	-1...	+2...	+5...	+8...	+11...	+14...	
-14	-11	-8	-5	-2	+1	+4	+7	+10	+13	+16	
1,343											
1,158	1,345		1,687								
0,984	1,158		1,497	1,698							
0,835	0,974		1,307	1,508							
0,722	0,804	1,045	1,120	1,318							
0,664	0,621	0,877	0,935	1,131	1,317	1,483					1,795
0,709	0,576	0,760	0,754	0,946	1,130	1,294	1,502	1,665	1,586		1,605
0,925	0,610	0,750	0,581	0,763	0,946	1,108	1,314	1,476	1,397	1,415	
1,373	0,832	0,940	0,450	0,592	0,763	0,922	1,126	1,287	1,208	1,227	
2,041	1,297	1,393	0,448	0,462	0,597	0,740	0,942	1,100	1,023	1,042	
2,844	1,985	2,105	0,688	0,454	0,461	0,562	0,759	0,915	0,837	0,855	
3,714	2,805	2,990	1,233	0,682	0,451	0,440	0,596	0,736	0,662	0,677	
4,611	3,684	3,957	2,032	1,204	0,682	0,470	0,496	0,576	0,511	0,498	
5,538	4,593	4,974	2,939	1,983	1,210	0,754	0,543	0,483	0,461	0,428	
	5,522	6,225	3,851	2,807	2,011	1,335	0,824	0,540	0,614	0,547	
	6,456		4,766	3,799	2,913	2,126	1,353	0,827	1,029	0,938	
			5,699	4,714	3,800	3,005	2,087	1,384	1,706	1,618	
			6,636	5,645	4,720	3,915	2,935	2,157	2,537	2,425	

Экономический эффект идеальных прогнозов при стратегии доверия составил бы

$$\mathcal{E}_{\text{ид}} = 0,3 \cdot 661 \cdot (0,843 - 0,49 - 0,02) = 66,03 \text{ тыс. руб.},$$

а следовательно, экономический резерв оперативных методических прогнозов температуры воздуха составляет $\delta \mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{ид}} - \mathcal{E}_{\text{м}} = 30,14$ тыс. руб.

Как видим, предлагаемая методика позволяет не только оценить экономическую полезность прогнозов температуры воздуха для ТЭЦ, но и установить оптимальные для данной ТЭЦ условия их реализации, что заметно повышает экономический эффект этих прогнозов.

Расчет теплотехнических параметров, а также итоговых значений $s_{\text{н}}$, $s_{\text{н}}$ и s выполняются заблаговременно. В конце отопительного сезона составляются таблицы сопряженности методического и инерционного прогнозов температуры воздуха и выполняется весь комплекс расчетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брагинская Л. Л. Об экономической эффективности учета метеорологических условий при выборе теплотехнических параметров здания. — Труды ГГО, 1976, вып. 349, с. 82—89.
2. Брагинская Л. Л., Морозов В. С., Шульгинская Р. И. Некоторые оценки эффективности регулирования отпуска тепла на отопление по данным о температуре в разных районах города. — Труды ГГО, 1980, вып. 412, с. 92—97.
3. Жуковский Е. Е. Метеорологическая информация и экономические решения. — Л.: Гидрометеиздат, 1981. — 303 с.
4. Мастерских М. А. Экономический эффект прогноза погоды для центральной отопительной системы Москвы. — Труды Гидрометцентра СССР, 1971, вып. 90, с. 99—105.
5. Монокрович Э. И. Гидрометеорологическая информация в народном хозяйстве. — Л.: Гидрометеиздат, 1980. — 175 с.
6. Хандожко Л. А., Вдовин В. Б. Функции метеорологических потерь теплоэлектроцентралей. — Труды ГГО, 1986, вып. 507, с. 45—52.
7. Хандожко Л. А. Оценка экономического эффекта использования метеорологических прогнозов. — Межвуз. сб., 1984, вып. 85, с. 133—142.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ И ЛЕДОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ СУДОХОДСТВА В АРКТИКЕ

Интенсивное освоение природных ресурсов Крайнего Севера, а также рост транспортных связей между Европейской частью СССР и Дальним Востоком ставят ряд новых важных задач перед организациями Госкомгидромета СССР. Эти задачи направлены на качественное улучшение системы научного гидрометеорологического и ледового обслуживания различных отраслей народного хозяйства и прежде всего арктического судоходства.

Весь комплекс исследований, направленных на изучение природных условий Арктики, в конечном итоге сводится к необходимости познания и обобщения многочисленных данных о ледовом и гидрометеорологическом режиме, разработке и составлению прогнозов, совершенствованию ледовой авиаразведки и других видов информации. Через систему научно-оперативного обслуживания результаты этих исследований внедряются в практику обеспечения арктического судоходства и других отраслей народного хозяйства.

Народнохозяйственное значение плавания судов в ледовых условиях за последние годы резко возросло. Значительно увеличилось количество дорогостоящих судов, осуществляющих плавание в арктических морях и на речных путях арктической зоны. Расширились географические границы плаваний и навигационные периоды (до круглогодичных). Имеются основания полагать, что для большинства северных районов СССР водный транспорт будет являться основным, а подчас единственным транспортом, и его доминирующая роль сохранится до 2000 г., что объясняется большими трудностями строительства и эксплуатации других транспортных средств.

В то же время, отрасли народного хозяйства, связанные с использованием водного транспорта, больше чем другие зависят от воздействия природной среды.

Согласно ориентировочным расчетам, непроизводительные затраты по причине неблагоприятного воздействия ледовых и гидрометеорологических факторов для судоходства в Арктике могут составить 60–70 % продолжительности транспортного процесса (затрат материальных средств). При этом 40–50 % (подавляющая часть) могут составить потери, которые возникают в связи с неблагоприятным влиянием льда на судоходство.

Использование научной ледовой и гидрометеорологической информации уже в настоящее время сокращает потери от неблагоприятного воздействия природных факторов на 10–12 %. При повышении качества исходной информации и оправдываемости прогнозов ущерб от воздействия природной среды может быть сокращен еще больше.

Так, например, согласно выполненным в ААНИИ исследованиям, при оправдываемости краткосрочных ледовых прогнозов, равной 80 %, экономический эффект их использования составляет лишь 50 % от его возможного значения при полностью оправдавшихся прогнозах. Это относится, в соответствующих показателях, и к другим видам информации. Таким образом, резервы повышения экономического эффекта велики.

Кроме того, правильное представление о народнохозяйственном эффекте использования ледовой и гидрометеорологической информации позволяет выявить наиболее перспективные исследования в системе Госкомгидромета СССР.

Практическая значимость ледового и гидрометеорологического обслуживания арктического судоходства может быть правильно оценена лишь в случае подкрепления ее конкретными обоснованными экономическими показателями, нормативами и расчетами.

Экономический эффект ледового и гидрометеорологического обеспечения арктического судоходства находится в прямой связи со своеобразным воздействием природных факторов на используемые технические средства. Уровень технических средств, в свою очередь, в значительной степени определяет характер их зависимости от влияния природной среды.

Выполняемые в ААНИИ обоснования экономического эффекта использования ледовой и гидрометеорологической информации в арктическом судоходстве исходят из предпосылки о том, что действия потребителя являются правильными и основаны на передовом опыте. Неиспользование информации наносит ущерб народному хозяйству, но это не снижает ее потенциальной ценности.

Методические основы расчета исходят из существующих директивных материалов по оценке экономического эффекта и специально разработанных нормативов. В принцип оценки положено сравнение вариантов производственных решений (осуществление морских и речных операций) с использованием новой и старой ледовой и гидрометеорологической информации. Под старой информацией, которая принимается в качестве базисного варианта, подразумевается наиболее практически полезная информация, существовавшая до создания новой. Экономический эффект от практической реализации

использования информации определяется разностью значений приведенных затрат по каждому варианту действия в сравнении с базисным.

Нормы эксплуатационных затрат, удельные капиталовложения и другие нормативы берутся из общепринятых на морском транспорте или в других ведомствах. В необходимых случаях привлекаются средние фактические данные эксплуатационного и экономического характера.

Экономические нормативы выступают в виде приведенных затрат или как экономия этих затрат. Так, например, приведенные затраты для судов, плавающих в ледовых условиях, включают:

- удельные эксплуатационные расходы за сутки хода и стоянки;
- удельные капиталовложения, полученные исходя из строительной стоимости, среднегодового эксплуатационного периода, срока окупаемости капиталовложений;
- удельные потери при ледовых повреждениях, выступающие как функция продолжительности плавания в сплошном льду.

Рассмотрим основные методические положения расчетов экономического эффекта использования отдельных видов ледовой и гидрометеорологической информации.

1. Долгосрочные ледовые прогнозы

Экономический эффект рассчитывается путем сопоставления показателей работы флота по прогностическим показателям и по базисному варианту, основанному на средних многолетних данных о ледовом режиме.

Планы предстоящих морских и речных операций как по базисному, так и прогностическому вариантам разрабатываются с учетом нормативов, характеристик транспортного процесса и навигационных рекомендаций (протяженность трассы во льдах, характеристик ледяного покрова, валовых скоростей движения караванов судов).

Оценка экономического эффекта производится по прогнозам за март и август, по которым планируются перевозки в первую и вторую половины навигации.

Эффект прогноза существенно зависит от его ошибок (оправданности) и может иметь положительные и отрицательные значения, т. е. выражать не прибыль, а убыток.

Для оперативной оценки экономического эффекта долгосрочных ледовых прогнозов рассчитаны экономические нормативы, исходя из основных типов ледоколов и транспортных судов, работающих в Арктике, объемов перевозок и оправданности прогнозов.

2. Краткосрочные ледовые прогнозы

Основой краткосрочных ледовых прогнозов являются навигационные рекомендации. Для экономических расчетов в качестве базисного варианта принимаются ледовые условия, которые встретились бы фактически при выполнении морских операций и о которых можно судить при отсутствии прогнозов на основе текущей ледовой информации.

Экономические показатели эффекта использования прогнозов связаны с разницей в затратах эксплуатационного времени по базисному и прогностическому вариантам. Для их определения используются данные о ледяном покрове на пути следования караванов судов, скорости движения во льдах, протяженности пути в сплоченном льду.

Экономический эффект определяется по ледовому прогнозу, на основании которого принимается решение о проведении морской операции. Последующие прогнозы, до завершения этой операции, рассматриваются как уточнения первого.

Ряд ледовых прогнозов не поддается экономической оценке (при отсутствии судов на трассе, легких ледовых условиях, краткосрочности операции).

Для оперативной оценки краткосрочных ледовых прогнозов разработаны экономические нормативы (нормы приведенных затрат по судам и эксплуатационных расходов по ледоколам в ходу для сплоченного и редкого льда, чистой воды и на стоянке).

3. Трехсуточные прогнозы погоды

Использование трехсуточных прогнозов погоды сокращает потери эксплуатационного времени судов, снижает стоимость грузовых работ и аварийные потери. В этих прогнозах наиболее важными элементами являются данные о направлении, скорости ветра, его усилениях.

Экономический эффект определяется посредством сравнения действий потребителя с учетом базисного варианта метеорологических условий (инерционный прогноз) с вариантом, связанным с использованием оперативных трехсуточных прогнозов погоды. Эффект от использования прогнозов, имеющих ошибки, определяется путем сопоставления результатов проведения морских операций по трехсуточному прогнозу с фактическими погодными условиями.

Экономический эффект трехсуточных прогнозов погоды складывается из экономии эксплуатационных расходов, стоимости грузовых работ, снижения потерь от аварий и повреждений судов.

При подготовке нормативов на основе многолетнего опыта и кли-

матологических данных установлены критерии неблагоприятных метеорологических условий, связанных с простоями судов или низкой интенсивностью их обработки, для отдельных районов Арктики, таких как пос. Амдерма мыс Шмидта и другие.

Оценка экономического эффекта использования прогнозов производится по экономическим нормативам, разработанным для погрузо-разгрузочных работ в отдельных пунктах Арктики и обеспечения проводки плотов в море Лаптевых – на участке трассы Быков мыс – порт Тикси.

4. Прогнозы уровня

В основу метода оценки экономического эффекта использования прогнозов уровня положено сопоставление вариантов морских операций, осуществляемых с учетом средних многолетних глубин (базисный вариант) и прогнозов.

Оценка прогнозов уровня производится при их использовании на наиболее интенсивных участках судоходства (Енисейский залив, Турушинский пережат Енисея, баровые участки Колымы и Индигирки, пролив Дмитрия Лаптева и порт Тикси).

5. Ледовая авиаразведка

Экономический эффект использования данных ледовой авиаразведки рассчитывается путем сопоставления характеристик плавания караванов судов по трассам, рекомендованным ледовой авиаразведкой и по стандартным трассам, сложившимся из многолетней практики. Тем самым определяется экономия времени за счет использования более легких ледовых условий, указанных авиаразведкой.

Экономический эффект включает экономию эксплуатационных расходов по транспортным судам и ледоколам. По транспортным судам она определяется производением показателей экономии времени и приведенных затрат на сутки хода. Экономический выигрыш по ледоколам – произведение показателей экономии времени и разности между стоимостью эксплуатационного содержания на ходу и на стоянке.

Для расчетов экономического эффекта ледовой авиаразведки разработаны нормативы приведенных затрат при движении судов и ледоколов во льдах различной сплоченности и по чистой воде; скоростей движения отдельных судов и караванов; протяженности стандартных ледовых трасс, затрат на ледовую авиаразведку.

6. Использование гидрологических режимных материалов в судоходстве

Практикой мореплавания доказано, что достаточно полные знания о непериодических и приливо-отливных колебаниях уровня, течениях, волнении, глубине, характере грунта, рельефе дна и т. д. существенно способствуют улучшению плавания судов, особенно в прибрежных мелководных районах морей.

Статистические отчетные материалы позволяют приблизительно выявить суммарное значение режима в снижении затрат на прохождение судами мелководных участков, на производство вспомогательных и технических операций для судов, обрабатывающихся в рейдовых условиях, в снижении аварийных потерь (касания грунта, посадка на мель).

Улучшение показателей работы флота, особенно на мелководье, происходит главным образом за счет технического совершенства судов; улучшения качества гидрографического обслуживания; повышения квалификации и специальной подготовки плавсостава; создания новых гидрометеорологических пособий и улучшения научно-оперативного обслуживания навигации.

Анализ показал, что долевое участие гидрометеорологической науки в повышении эффективности судоходства на мелководье составляет в среднем около 50 %.

Для расчета экономического эффекта использования гидрологических режимных материалов разработаны нормативы снижения затрат на прохождение судами мелководных участков, при проведении рейдовых операций, снижение аварийности при посадках судна на мель.

7. Гидрологические прогнозы и режимная информация по устьям рек

Экономический эффект гидрологических прогнозов и режимной информации складывается из экономии приведенных затрат в начальный и конечный период навигации по всем звеньям транспортного процесса (грузовые суда, перевалочные, распузочные средства, технический флот, гидрографические суда, порты).

Для оперативной оценки экономического эффекта данной информации разработан комплекс соответствующих нормативов.

Существующие гидрологические прогнозы по устьям рек арктической зоны требуют дальнейшего развития и совершенствования.

Так, например, экономический эффект использования этих прогнозов по рекам Обь-Тазовского Севера при полной их оправдывае-

мости может составить около 760 тыс. руб., при существующей оправдываемости прогнозов эффект составляет лишь 146 тыс. руб.

Указанные методические положения и разработанный нормативный материал используются для практических расчетов экономического эффекта ледового и гидрометеорологического обеспечения арктического судоходства.

Ежегодный эффект при существующей оправдываемости прогнозов и указанных объемах перевозок составляет около 15 млн. руб.

Дальнейшее освоение арктических районов в значительной степени будет определяться комплексом природных факторов, а именно:

- влиянием ледовых условий в связи с необходимостью круглогодичных плаваний по трассе Северного морского пути;
- необходимостью освоения новых кратчайших и глубоководных высокоширотных трасс;
- интенсификацией грузовых операций, особенно в рейдовых условиях и выгрузки на припайный лед;
- ограниченностью глубин арктических прибрежных трасс, устьевых участков сибирских рек и морских проливов.

Исследование этих факторов и учет их влияния на арктическое судоходство повысят экономическую значимость научной информации.

Следует также отметить, что существующие методические подходы к оценке экономического эффекта требуют дальнейшего развития и совершенствования. Обоснование базисного варианта, на наш взгляд, содержит элемент субъективизма. Кроме того, рассматривая влияние ледовой и гидрометеорологической информации на арктическое судоходство, мы даем лишь частное решение оценки значимости научной информации. Дальнейшее совершенствование методических положений необходимо решать в плане оценки народнохозяйственного эффекта.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИЙ НАЗЕМНЫХ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Проблема построения оптимальных наблюдательных метеорологических сетей на протяжении нескольких десятилетий привлекает внимание исследователей. Предложенные методики и полученные результаты касались решения двух типов задач. Первая – определение зависимости среднеквадратичной погрешности оптимальной интерполяции в узлы регулярной сетки от плотности сети [2, 6], вторая – количественная оценка информативности альтернативных наблюдательных сетей (подсетей), а также новых систем наблюдений [3, 5]. Обе указанные задачи нельзя считать оптимизационными в строгом смысле этого слова. Решение таких задач позволяет дать некоторые общие рекомендации для размещения сети. Однако, только решение экстремальной задачи дает конкретный сценарий рационального построения наблюдательной сети.

Современный аппарат теории планирования эксперимента применим к регрессионной статистической модели системы наблюдений [7]. В работах [3, 8] предложен вариант построения регрессионной модели системы наблюдений данного метеорологического поля с использованием базиса эмпирических ортогональных функций (э. о. ф.) этого поля. В [10] для решения задачи отбора наиболее (наименее) информативных станций сети за основу взят метод оптимальной интерполяции, который имеет весьма широкое распространение в метеорологической практике. Цель данной работы заключается в том, чтобы сравнить оба подхода и оценить их эффективность в задачах оптимизации наблюдательных сетей.

Оптимизация сети на основе оптимальной интерполяции

Планировщик сети чаще всего сталкивается с задачами расширения или сокращения сети. Для решения таких задач необходимо иметь численный алгоритм, который бы мог ранжировать существующие станции по их информативности или определять наиболее благоприятное местоположение для новых станций.

Поскольку для перевода данных наблюдений с сети на регулярную сетку обычно используется метод оптимальной интерполяции, можно использовать этот подход для восстановления значений метеорологического элемента непосредственно в точках наблюдений по данным остальных станций. Наименее информативной следует считать ту станцию сети, в которой указанное восстановление методом оптимальной

интерполяции оказалось наиболее успешным (минимальная погрешность восстановления) [2]. Эта станция и должна сокращаться в первую очередь. При расширении сети предпочтение должно быть отдано той точке, в которой погрешность восстановления поля (по данным имеющихся станций) максимальна. Формализуем постановку задачи. Пусть X — случайное поле исследуемого метеорологического элемента. Будем считать, что значение метеозлемента $x(\omega)$ в точке с координатами ω представляет собой случайную величину с известным средним $\bar{x}(\omega) = E[x(\omega)]$ (E — знак математического ожидания). Будем также предполагать, что для любой совокупности точек наблюдений $\omega_1, \dots, \omega_k$ известна ковариационная матрица Σ_x с элементами $\{\sigma_x^2\}_{ij} = E[(x(\omega_i) - \bar{x}(\omega_i))(x(\omega_j) - \bar{x}(\omega_j))]$ ($i, j = 1, \dots, k$). Возьмем произвольную точку ω_i и вычислим дисперсию оценки оптимальной интерполяции метеорологического элемента x в ней $\hat{x}(\omega_i/\Omega_i)$ по данным остальных станций. Здесь $\Omega_i = (\omega_1, \dots, \omega_{i-1}, \omega_{i+1}, \dots, \omega_k)$. Согласно классическим результатам [2, 7] имеем

$$\hat{x}(\omega_i/\Omega_i) = \bar{x}(\omega_i) + \Sigma_x(\omega_i, \Omega_i) \Sigma_x^{-1}(\Omega_i) (x(\Omega_i) - \bar{x}(\Omega_i)). \quad (1)$$

В (1) использованы следующие обозначения: $x(\Omega_i) = (x(\omega_1), \dots, x(\omega_{i-1}), x(\omega_{i+1}), \dots, x(\omega_k))^T$ (T — знак транспонирования); $\Sigma_x(\Omega_i)$ — ковариационная матрица вектора $x(\Omega_i)$; $\Sigma_x(\omega_i, \Omega_i)$ — вектор-строка, составленная из ковариаций случайной величины $x(\omega_i)$ и компонентов вектора $x(\Omega_i)$.

Дисперсия интересующей нас оценки $\hat{x}(\Omega_i)$ имеет вид

$$\{\sigma_{\hat{x}}^2\}_{ii} = \{\sigma_x^2\}_{ii} - \Sigma_x(\omega_i, \Omega_i) \Sigma_x^{-1}(\Omega_i) \Sigma_x^T(\omega_i, \Omega_i). \quad (2)$$

Путем перенумерации наблюдательных станций добьемся того, чтобы рассматриваемая точка наблюдений была последней в наборе, т. е. именовалась ω_k . Тогда, используя известную формулу Фробениуса для обращения блочной симметричной матрицы [4], можно найти соотношение

$$\{\sigma_x^{-2}\}_{kk} = 1/\{\sigma_{\hat{x}}^2\}_{kk}, \quad (3)$$

которое дает простой метод для ранжирования наблюдательных станций по их информативности ($\{\sigma_x^{-2}\}_{ij}$ — элементы матрицы Σ_x^{-1}). Действительно, согласно предыдущим соображениям такое ранжирование должно осуществляться по убыванию значений дисперсий погрешностей оптимальной интерполяции $\{\sigma_{\hat{x}}^2\}_{ii}$. Формула (3) позволяет упорядочить станции по возрастанию значений диагональных элементов $\{\sigma_x^{-2}\}_{ii}$ обратной матрицы Σ_x^{-1} после вычисления последней. Кроме

того, указанный подход позволяет построить алгоритм последовательного исключения наименее информативных станций сети. Номер i станции, подлежащей исключению из совокупности k станций определяется $i = \arg \max \{\sigma_x^{-2}\}_{ii}$.

Рассмотрим теперь задачу расширения сети. Предположим, что станции $\omega_1, \dots, \omega_{k-1}$ уже отобраны. Необходимо определить станцию ω_k . С учетом вышеизложенного местоположение новой станции ω_k необходимо определить из условия максимизации $\{\sigma_x^2\}_{kk}$. Из (3) следует, что задача отбора сводится к нахождению ω_k , для которого достигается минимум $\{\sigma_x^{-2}\}_{kk}$.

Таким образом, решение обеих задач свелось к анализу диагональных элементов обратной матрицы Σ_x^{-1} . Рассмотрим более подробно структуру Σ_x . Результаты наблюдений $x(\omega)$ представляют собой сумму истинных значений метеорологического элемента и погрешностей измерений $x(\omega) = x_r(\omega) + \varepsilon(\omega)$. Можно считать, что $x_r(\omega)$ и $\varepsilon(\omega)$ статистически независимы. Объединим $x(\omega_i)$ в вектор $x(\Omega_0) = (x(\omega_1), \dots, x(\omega_k))^T$. Тогда

$$\Sigma_x(\Omega_0) = \Sigma_{x_r}(\Omega_0) + \Sigma_\varepsilon(\Omega_0). \quad (4)$$

Поскольку наблюдения на сети проводятся однотипными приборами, обычно считают, что $\Sigma_\varepsilon(\Omega_0) = \sigma_\varepsilon^2 \cdot I$. Последнее означает, что измерения равноточны и погрешности измерений статистически независимы. В дальнейшем будем основываться на указанной модели $\Sigma_\varepsilon(\Omega_0)$. Тем не менее все излагаемое ниже распространяется на случай матрицы $\Sigma_\varepsilon(\Omega_0)$ произвольной структуры. С помощью метода главных компонентов ковариационная матрица $\Sigma_{x_r}(\Omega_0)$ представлена в виде

$$\Sigma_{x_r} = F \cdot \Lambda \cdot F^T. \quad (5)$$

В (5) Λ — диагональная матрица $k \times k$, образованная собственными числами $\lambda_1, \dots, \lambda_k$ матрицы Σ_{x_r} , а матрица F образована векторами-столбцами $f_1, \dots, f_k$, являющимися соответствующими собственными векторами той же матрицы. В таком случае, используя (4) и (5), имеем

$$\Sigma_x^{-1} = (\Sigma_\varepsilon + F \cdot \Lambda \cdot F^T)^{-1} = \Sigma_\varepsilon^{-1} - \Sigma_\varepsilon^{-1} F (\Lambda^{-1} + F^T \Sigma_\varepsilon^{-1} F)^{-1} F^T \Sigma_\varepsilon^{-1}; \quad (6)$$

Как указывалось выше $F = (f_1 | \dots | f_k)$. При этом вектор-столбец имеет вид $f_i = (f_i(\omega_1), \dots, f_i(\omega_k))^T$. Обозначим через $f(\omega_i)$ — i -ю строку матрицы F . В этом случае $f(\omega_i) = (f_1(\omega_i), \dots, f_k(\omega_i))$ и $F = \begin{pmatrix} f(\omega_1) \\ \dots \\ f(\omega_k) \end{pmatrix}$. С учетом

введенных обозначений можно выписать выражение для i -го диаго-

нального элемента матрицы Σ_x^{-1} . Используя (6), имеем

$$\{\sigma_x^{-2}\}_{ii} = \{\sigma_x^2\}_{ii}^{-2} (\{\sigma_x^2\}_{ii} - f(\omega_i) [\Lambda^{-1} + F^T \Sigma_\varepsilon^{-1} F]^{-1} f^T(\omega_i)). \quad (7)$$

Из (7) следует, что процедура отбора наименее информативной точки ω_i сводится к минимизации

$$S(\omega_i) = f(\omega_i) [\Lambda^{-1} + F^T \Sigma_\varepsilon^{-1} F]^{-1} f^T(\omega_i). \quad (8)$$

При решении задачи расширения сети необходимо искать ω , доставляющее максимум $S(\omega)$.

Таким образом, задача анализа диагональных элементов обратной матрицы Σ_x^{-1} может быть заменена проблемой нахождения экстремумов функционала вида (8). В дальнейшем будет показано, что выражение (8) характерно для представления „функции отклика” в теории планирования эксперимента для регрессионных моделей [7].

Оптимизация сети на основе построения регрессионной модели наблюдательной системы

Оптимальная интерполяция представляет собой метод объективного анализа метеорологических полей на сетке. В последние годы определенный интерес проявляется к методу спектрального анализа, предполагающему представление полей в виде разложения по определенной ортонормированной системе функций. Остановимся на существе метода. Как и ранее будем считать, что результаты наблюдений на k станциях $\omega_1, \dots, \omega_k$ образуют вектор $x(\Omega_0) = (x(\omega_1), \dots, x(\omega_k))^T$. Предположим, что в качестве базиса используется совокупность ортонормированных функций $\{g_i(\omega)\}_{i=1}^\infty$. При численной реализации метода можно использовать конечное число базисных функций: $\{g_i(\omega)\}_{i=1}^N$. Введем в рассмотрение прямоугольную матрицу $G = \{g_{ji}\} = \{g_i(\omega_j)\}_{i=1}^N \{j=1}^k$ размерности $k \times N$. В таком случае задача спектрального анализа заключается в нахождении вектора спектральных коэффициентов $c = (c_1, \dots, c_N)^T$ представления вектора наблюдений $x(\Omega_0) = (x(\omega_1), \dots, x(\omega_k))^T$ из системы уравнений

$$x(\Omega_0) = Gc + \varepsilon(\Omega_0). \quad (9)$$

В равенство (9) входит случайный вектор $\varepsilon(\Omega_0) = (\varepsilon(\omega_1), \dots, \varepsilon(\omega_k))^T$ погрешности наблюдений. Будем считать, что $E[\varepsilon(\Omega_0)] = 0$ и $\Sigma_\varepsilon(\Omega_0)$ — ковариационная матрица $\varepsilon(\Omega_0)$. Уравнение (9) представляет собой регрессионную модель наблюдательной сети.

Методы теории планирования эксперимента предназначены для применения к функционалам от информационной матрицы Фишера (ИМФ). В случае модели (9) ИМФ имеет вид:

$$M = G^T \Sigma_\varepsilon^{-1} G. \quad (10)$$

Матрица $M = M(\Omega_0)$ непосредственно связана с ковариационной матрицей Σ_ε для оценки вектора коэффициентов $\hat{c}$. Оценка $\hat{c}$ получена из (9) методом наименьших квадратов [7, 9]. Если c – набор неизвестных детерминированных параметров, то $\Sigma_{\hat{c}}^{-1} = M$. Однако нас в большей мере интересует случай, когда c – случайный вектор с известным вектором средних значений $\bar{c}$ и известной ковариационной матрицей Σ_c . Дело в том, что располагая информацией о $\bar{x}(\Omega_0)$ и $\Sigma_x(\Omega_0)$, можно перейти к соответствующим характеристикам для спектральных коэффициентов. В этом случае

$$\Sigma_{\hat{c}} = (\Sigma_c^{-1} + M)^{-1}. \quad (11)$$

Матрица $\Sigma_{\hat{c}} = \Sigma_{\hat{c}}(\Omega_0)$, поскольку $M = M(\Omega_0)$. Тогда задача оптимального планирования наблюдательной сети заключается в нахождении Ω_0^* , реализующем минимум функционала $\Phi = \Phi(\Sigma_{\hat{c}})$. Рассмотрим D -критерий оптимизаций, являющийся одним из наиболее распространенных. В этом случае $\Phi = \det(\Sigma_{\hat{c}})$.

Для построения алгоритмов оптимизации введем в рассмотрение „функцию отклика” $\varphi(\omega, \Omega_0)$ в произвольной точке с координатами ω при фиксированном наборе станций сети Ω_0 . В случае D -критерия „функция отклика” имеет вид [7]

$$\varphi(\omega, \Omega_0) = g^T(\omega) (\Sigma_c^{-1} + G^T \Sigma_\varepsilon^{-1} G)^{-1} \cdot g(\omega), \quad (12)$$

где $g(\omega) = (g_1(\omega), \dots, g_N(\omega))^T$.

По аналогии с предыдущим разделом рассмотрим две задачи: отбора наименее информативных станций и определения местоположения новых станций. В первом случае численная процедура заключается в нахождении элемента $\omega_i \in \Omega_0$, реализующего минимум $\varphi(\omega_i, \Omega_0)$. Решение второй задачи основано на определении ω , реализующего максимум $\varphi(\omega, \Omega_0)$.

Сравнение результатов оптимизации

Численные процедуры оптимизации сходны по структуре для обоих подходов к задаче планирования наблюдательной сети. Они содержат механизм прямой и обратной пошаговой оптимизации. В случае оптимальной интерполяции ищутся экстремумы функционала $S(\omega)$ (см. (9)), при использовании регрессионной модели – $\varphi(\omega, \Omega_0)$ (см. (12)). Сравним оптимизируемые функционалы. Структура обоих функционалов сходна. Различие заключается в использовании вектор-

функций f и g в формулах (8) и (12). Другое отличие состоит в использовании матриц F и G , Λ и Σ_c .

До сих пор выбор базисных функций $\{g_i(\omega)\}$ не был конкретизирован. Для того, чтобы провести содержательное сравнение двух рассмотренных ранее подходов необходимо предполагать, что в обоих случаях мы располагаем одинаковыми исходными данными. Поскольку в методе оптимальной интерполяции использовалась ковариационная матрица, при построении регрессионной модели в качестве базисных функций целесообразно применять э. о. ф. [1]. Для конечного множества точек наблюдений $\omega_1, \dots, \omega_k$ э. о. ф. совпадают с собственными векторами ковариационной матрицы $\Sigma_{x_r}(\Omega_0)$. Поэтому можно считать, что $g_j(\omega_i) = f_j(\omega_i)$. Тогда $G = F$. Кроме того, $\Sigma_c = \Lambda$, где Λ определена в (5). Теперь формулы (8) и (12) полностью идентичны. Это означает, что оба подхода полностью равнозначны. Следует, однако, остановиться на различиях, связанных с численной реализацией двух методов.

При использовании метода оптимальной интерполяции для ранжирования станций сети по информативности необходимо произвести вычисление диагональных элементов матрицы $\Sigma_x^{-1}(\Omega_0)$. Обращение ковариационной матрицы является обычно неустойчивой процедурой, которая приводит к получению значений, содержащих большие погрешности. Для устойчивого обращения ковариационной матрицы могут быть применены некоторые регуляризующие процедуры. Однако их применение как правило сопряжено с искажением структуры корреляционных связей, описываемых матрицей Σ_x .

При использовании второго подхода центр тяжести вычислительных трудностей переносится на расчет э. о. ф., т. е. собственных векторов ковариационной матрицы Σ_x . Эта процедура также в общем случае является неустойчивой в особенности для собственных векторов, отвечающих близким к нулю собственным значениям. Тем не менее именно возможность разделения э. о. ф. на устойчивую и неустойчивую части (с вычислительной точки зрения) позволяет осуществить регуляризацию регрессионной модели и, следовательно, процедуры численной оптимизации, что гарантирует получение устойчивых результатов решения оптимизационной задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багров Н. А. Естественные составляющие малых выборок при большом числе параметров. — Метеорология и гидрология, 1978, № 12, с. 3—9.
2. Белоусов С. Л. и др. Обработка оперативной метеорологической информации с помощью ЭВМ. — Л.: Гидрометеиздат, 1968. — 282 с.
3. Белявский А. И., Покровский О. М. Оптимизация системы наблюдений поля атмосферного давления в северном полушарии. — Иссл. Земли из космоса, 1984, № 3, с. 3—13.
4. Гантмахер Ф. Р. Теория матриц. — М.: Наука, 1967. — 576 с.
5. Губанова С. И., Машкович С. А. Об оценке информативности системы аэрологических и спутниковых измерений. — Метеорология и гидрология, 1977, № 12, с. 9—14.
6. Каган Р. Л., Хлебникова Е. И. О влиянии густоты сети станций на характеристики изменчивости интерполированных значений. — Метеорология и гидрология, 1981, № 5, с. 39—47.
7. Математическая теория планирования эксперимента. — М.: Наука, 1983. — 391 с.
8. Покровский О. М. Оптимизация метеорологического зондирования атмосферы со спутников. — Л.: Гидрометеиздат, 1984. — 267 с.
9. Успенский А. Б., Федоров В. В. Вычислительные аспекты метода наименьших квадратов при анализе и планировании регрессионных экспериментов. — М.: Изд. МГУ, 1975. — 196 с.
10. Megreditchian G. Methodes statistique d'analyse et d'interpolation des champs meteorologiques. — Geneve, WMO, 1985. — 300 p.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МЕТОД УСТАНОВЛЕНИЯ МЕЖПОВЕРОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ

Основная часть затрат по метрологическому обслуживанию средств измерений в период их эксплуатации приходится на мероприятия, связанные с периодической поверкой этих средств измерений (СИ). Естественно поэтому стремление не только снизить затраты при каждой поверке, но и установить метрологически обоснованные межповерочные интервалы (МИ).

Необходимость периодической поверки вызвана изменением метрологических характеристик СИ во времени. Этот процесс представляет собой предмет исследований по метрологической надежности СИ [1, 4, 9] и обоснованию МИ [5, 10], правильный выбор которых позволяет достичь значительного экономического эффекта, особенно в настоящее время, когда парк приборов постоянно возрастает.

Основы физического и экспериментального обоснования процесса изменения во времени погрешностей СИ были заложены недавно. Было показано, что этот процесс случайный нестационарный, идет непрерывно с момента изготовления СИ и для многих типов СИ почти не зависит от того, находится ли это СИ на хранении или в эксплуатации. Погрешности в значительной мере обусловлены процессами, протекающими на молекулярном уровне. Познавание нестационарного случайного процесса изменения во времени таких метрологических характеристик СИ, как систематическая и случайная погрешности, позволяет прогнозировать течение этого процесса и выход в будущем погрешности СИ за пределы допускаемых значений, т. е. прогнозировать межповерочный интервал.

В настоящее время существует несколько методик оценки таких интервалов, например [5, 6]. Некоторые из них базируются на задании пределов изменения погрешности и граничного наименьшего экономически целесообразного МИ, но требуют большой априорной информации и в том случае, когда она является неполной, становятся некорректными.

В статье рассматривается возможность установления межповерочных интервалов с использованием в качестве исходной информации модели зависимости плотности распределения вероятности выхода погрешности СИ за установленный предел от времени и модели плотности вероятности различных потерь, вызванных превышением погрешности СИ заданного предела вследствие несвоевременной поверки.

Примем для наглядности модель функции распределения выходов погрешностей за предел допускаемых значений, основанием для принятия которой могут служить выводы ряда экспериментальных работ, например [7]. Плотность распределения вероятности при этом получается путем аппроксимации гистограммы первых выходов погрешностей СИ за предельное значение в соответствующий момент времени, отсчитываемый от момента последней поверки. Тогда распределение вероятности P_t выхода погрешности СИ за установленный предел для интервалов времени с момента последней поверки t можно представить в следующем виде:

t , годы	1	2	3	4	5
P_t , %	1	5	10	13	15

Модель функции распределения потерь (степени ущерба) по их значимости в денежных единицах может быть получена из учетных данных. Например, для случая обслуживания авиации такими данными являются сведения о летных происшествиях на аэродромах, об отмене рейсов по погодным условиям, о задержке посадки по прогнозируемым условиям на взлетно-посадочной полосе в момент посадки и т. д. Оценка ущерба от реализации таких событий проводится по специальным методикам, например [8]. Логически оправдано такое распределение, которое имеет максимум, приходящийся на средние потери. Тогда распределение вероятности P_y ущерба C_y , вызванного выходом погрешности СИ за предел допускаемой погрешности, можно представить следующим образом:

C_y , руб.	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6
P_y , %	10	20	5	2	1

Пусть вероятность выхода погрешности СИ за пределы допуска (например, измерителя высоты нижней границы облаков, обслуживающего аэропорт) составляет P_n к концу межповерочного интервала t_n , при этом стоимость его поверки равна C_n . Пусть вероятность потерь C_y , вызванных выходом погрешности СИ за пределы допуска, составляет P_y .

Вероятность одновременного совершения этих событий P и вероятность противоположного события $\bar{P}$, соответственно, равны

$$P = P_y P_n \text{ и } \bar{P} = 1 - P.$$

Из соображений качественного характера следует, что найденные P , $\bar{P}$, P_y , P_n , C_y , C_n связаны между собой и поскольку имеется возможность выбора P_n (назначением межповерочного интервала), то необходим критерий такого выбора.

Ситуации, подобные рассматриваемой, анализируются теорией игр [8] и исследований операций [2]. Методы этих теорий эффективно используются при решении задач, связанных с принятием хозяйственных решений, требующих привлечения метеорологической информации [6].

В данном случае партнерами в игровой ситуации являются природа и человек, принимающий хозяйственные решения. Стратегия природы неопределенна, в основу же стратегии человека может быть положен критерий уравнивания средней суммы выигрыша средней суммой потерь

$$C_y P = C_n \bar{P}.$$

Данному равенству отвечает оптимальный в смысле принятого критерия межповерочный интервал. Действительно, если оказывается, что $PC_y < PC_n$, то МИ целесообразно увеличить, а если $PC_y > PC_n$ — уменьшить.

Поясним это числовым примером. Допустим, что вероятность выхода погрешности СИ при двухгодичном МИ составляет 0,05, а стоимость поверки 100 руб.; вероятность того, что вследствие выхода погрешности СИ за допускаемый предел ущерб составит 10^4 руб., равна 0,05. Определим, следует ли менять межповерочный интервал. Используя эти данные, получаем, что $C_y P = 25$ руб., а $C_n \bar{P} = 99,7$ руб. Таким образом, межповерочный интервал, казалось бы, целесообразно увеличить. Однако необходимо выполнить аналогичную поверку для менее вероятных, но более крупных потерь. Так, при прочих прежних условиях вероятность того, что ущерб составит 10^6 руб., равна 0,01, и, следовательно, $C_y P = 500$ руб., а $C_n \bar{P} = 100$ руб. Это означает, что межповерочный интервал следует уменьшить. С другой стороны, можно видеть, что если бы стоимость поверки равнялась 500 руб., то межповерочный интервал следовало бы оставить прежним.

Таким образом, смысл стратегии человека, принимающего хозяйственное решение (в том числе и в отношении межповерочного интервала) в данной ситуации определяется тем, чтобы понемногу проигрывая (затрачивая средства на поверку), обеспечить маловероятный, но крупный выигрыш (предотвратив редкие, но крупные потери), который в среднем компенсирует проигрыш.

В общем случае, когда ориентировочное значение МИ неизвестно, алгоритм его установления при заданных C_n и функциях распределения, очевидно, состоит в выборе такого сочетания P_y и P_n , при котором выполняется равенство $C_n = C_y \bar{P}$. Естественно при этом начинать с сочетания, соответствующего наименьшему МИ и наибольшему C_y . Полу-

ценному P_{Π} согласно функции распределения выходов во времени погрешности СИ соответствует оптимальный межповерочный интервал. Кроме того, учитывая, что в большинстве случаев $P \ll 1$ (а следовательно, $\bar{P} \approx 1$), имеем $P_{\Pi} = \frac{c_{\Pi}}{c_{\gamma}} \cdot \frac{1}{P_{\gamma}}$. Зная минимум P_{Π} , можно установить межповерочный интервал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абуладзе И. В., Мандельштам С. М. Метеорологическая надежность. — Измерительная техника, 1975, № 2, с. 29–30.
2. Акофф Р., Сасиени М. Основы исследования операций. — М.: Мир, 1971. — 534 с.
3. Исаков Г. В., Сашников В. И. Модель прогноза погрешностей средств измерений. — Измерительная техника, 1972, № 12, с. 25–26.
4. Кавалеров Г. И., Мандельштам С. М. Введение в информационную теорию измерений. — М.: Энергия, 1974. — 374 с.
5. Минько Э. В., Поз В. А., Лысов О. Е. Экстремальная экономико-математическая модель межповерочных интервалов средств измерений. — Метеорология, 1977, № 10, с. 56–60.
6. Монокрович Э. И. Исследование операций в использовании гидрометеорологической информации. — Труды КазНИИГМИ, 1977, вып. 62, с. 3–15.
7. Монокрович Э. И. Об экономической эффективности метеорологического обеспечения авиации. — Метеорология и гидрология, 1979, № 9, с. 56–60.
8. Нейман фон Дж., Моргештерн О. Теория игр и экономическое поведение. — М.: Наука, 1970. — 708 с.
9. Новицкий П. В. Задачи обеспечения метрологической надежности средств измерений. — Измерительная техника, 1977, № 2, с. 17–18.
10. Резник К. А. Об установлении метрологически обоснованных межповерочных интервалов. — Метрология, 1977, № 10, с. 33–37.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ НАУЧНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Эффективность функционирования научных систем (науки в масштабах Госкомгидромета СССР, научных учреждений и их структурных подразделений) характеризуется множеством показателей, отражающих отдельные стороны их деятельности: научную, проектно-конструкторскую, экономико-управленческую, производственную, социальную, информационную и международную.

Судить об эффективности функционирования научной системы по множеству показателей и тем более производить сравнительную оценку результатов деятельности ее подсистем, если число показателей более трех, чрезвычайно сложно. Поэтому в настоящее время ведется интенсивный поиск в различных направлениях общих принципов и методов оценки эффективности многопараметрических систем.

Первое (традиционное) направление связано с использованием различных модификаций экспертно-эвристических процедур и методов свертки частных показателей в обобщенный (интегральный) показатель эффективности функционирования научной системы. При этом сравнение систем осуществляется по нормированному значению интегрального показателя

$$E = \frac{\Xi_i}{\max_i \Xi_i}, \quad (1)$$

где Ξ_i — интегральный показатель эффективности i -й научной системы ($i = \overline{1, m}$), определяемый по формуле:

$$\Xi_i = \sum_j \alpha_j p_{ij}, \quad (2)$$

где p_{ij} — частный (j -й) показатель i -й научной системы; α_j — коэффициент весомости p_{ij} .

Второе направление, примыкающее к первому, связано с использованием методов векторной стратификации для построения иерархической структурной схемы показателей эффективности и свертки последних в единый обобщенный показатель на основе таблиц стратификаций [1].

Третье направление основано на использовании методов многомерного экономического анализа (таксономии, кластерного и факторного анализа) для получения интегральной оценки эффективности научных систем.

Теоретические основы этих методов изложены в работе [2].

Рассмотрим алгоритм сравнительного анализа эффективности функционирования m объектов, оцениваемых по n показателям, методом таксономии.

Исходной базой анализа является матрица оценок показателей эффективности сравниваемых объектов

$$P = \| p_{ij} \|_{i,j=1}^{m,n} = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1j} & \dots & p_{1m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{i1} & p_{i2} & \dots & p_{ij} & \dots & p_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{m1} & p_{m2} & \dots & p_{mj} & \dots & p_{mn} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

элементы p_{ij} которой представляют собой оценки j -го показателя для i -го объекта.

Поскольку показатели p_{ij} отображают различные свойства сравниваемых объектов и измерены в различных шкалах, то матрицу (3) необходимо привести к центрированной и нормированной форме. Эти преобразования осуществляются по соотношениям

$$z_{ij} = \frac{p_{ij} - \bar{p}_j}{\sigma_j}; \quad (4)$$

$$\bar{p}_j = \frac{1}{m} \sum_i p_{ij}; \quad (5)$$

$$\sigma_j = \left[\frac{1}{m} \sum_i (p_{ij} - \bar{p}_j)^2 \right]^{1/2}, \quad (6)$$

где $\bar{p}_j$ – среднее арифметическое значение j -го показателя; σ_j – его стандартное отклонение; z_{ij} – стандартизированное (центрированное и нормированное) значение j -го показателя для i -го объекта.

Центрирование показателя равносильно переносу начала отсчета в точку, соответствующую арифметическому среднему его значений. Нормирование обеспечивает получение безразмерных (относительных) значений показателя, что позволяет сравнивать показатели различной физической природы.

В результате проведенных преобразований получим матрицу стандартизированных показателей

$$Z = \| z_{ij} \|_{i,j=1}^{m,n}. \quad (7)$$

В геометрической интерпретации каждый элемент матрицы (7) представляет собой точку n -мерного пространства с координатами,

равными оценкам n показателей для каждого сравниваемого объекта.

Для сравнительного анализа эффективности объектов необходимо определить базу (эталон) сравнения и сформировать критерий, по которому будут сравниваться все объекты исходной совокупности.

С целью формирования эталонов сравнения объектов по каждому показателю Z_j разделим множество показателей на два подмножества Z_j^+ и Z_j^- . Очевидно, что $Z_j^+ \cup Z_j^- = Z$. В подмножество Z_j^+ включим показатели, которые для повышения эффективности сравниваемых объектов желательно увеличить, в подмножество Z_j^- — показатели, значения которых желательно уменьшить. Тогда эталон сравнения в пространстве сравниваемых показателей будет представлять собой точку Z^3 с координатами $(Z_1^3, Z_2^3, \dots, Z_j^3, \dots, Z_n^3)$, где

$$Z_j^3 = \begin{cases} \max_i z_{ij}, & \text{если } j \in Z_j^+ \\ \min_i z_{ij}, & \text{если } j \in Z_j^- \end{cases} \quad (8)$$

Примем в качестве меры близости показателей к их эталонным значениям евклидово расстояние

$$\rho_{i0} = [\sum_j (z_{ij} - Z_j^3)^2]^{1/2} \quad (9)$$

и на его основе определим интегральный показатель эффективности для сравнения объектов в виде

$$\Theta_i = 1 - \rho_{i0}/\rho_0, \quad (10)$$

где

$$\rho_0 = \bar{\rho}_0 + 2\sigma_0; \quad (11)$$

$$\rho_0 = \frac{1}{n} \sum_i \rho_{i0}; \quad (12)$$

$$\sigma_0 = \left[\frac{1}{n} \sum_i (\rho_{i0} - \bar{\rho}_0)^2 \right]^{1/2}. \quad (13)$$

Показатель Θ_i есть таксономический показатель уровня развития i -го объекта, характеризующий меру близости его к идеальному уровню, равному единице [2].

Поскольку при стандартизации исходной матрицы (3) происходит сглаживание влияния показателей на расстояние между сравниваемыми объектами, что сказывается на чувствительности таксономического показателя уровня развития Θ_i к изменениям значений показателей эффективности, то в алгоритмы расчета необходимо ввести коэффициенты весомости.

Расчет коэффициентов весомости осуществляется в следующей последовательности:

1) устанавливается критическое (наибольшее) расстояние между показателями

$$\rho_{кр} = \max_i \min_j \rho_{ij}; \quad (14)$$

2) для каждого показателя находятся все расстояния, не превышающие критического расстояния

$$\rho_i = \{ (i, j) | \rho_{ij} \leq \rho_{кр} \}, \quad j = \overline{1, n}; \quad (15)$$

3) для каждого из сравниваемых объектов определяется сумма расстояний меньших критических

$$\omega_i = \sum_{ij \in R_i} \rho_{ij}; \quad (16)$$

4) определяется показатель с максимальной суммой расстояний (16)

$$\omega_{\max} = \max_i \omega_i; \quad (17)$$

5) рассчитываются коэффициенты весомости (иерархии) показателей

$$\lambda_i = \omega_i / \omega_{\max}. \quad (18)$$

По полученным таким образом коэффициентам весомости осуществляется корректировка элементов матрицы расстояний (7)

$$\rho_{i0}^k = [\sum \lambda_j (z_{ij} - Z_j^0)^2]^{1/2} \quad (19)$$

и определяется откорректированное значение интегрального показателя эффективности $\mathcal{E}_i^k$ для каждого из сравниваемых объектов

$$\mathcal{E}_i^k = 1 - \rho_{i0}^k / \rho_0, \quad (20)$$

где ρ_0 определяется по соотношениям (11), (12) и (13).

По значениям $\mathcal{E}_i^k$ осуществляется ранжирование сравниваемых объектов: объекту с показателем $\mathcal{E}_i^k = 1$ присваивается первое место (самый высокий уровень эффективности), объекту с наименьшим значением – последнее место (самый низкий уровень эффективности). Остальные объекты ранжируются между крайними объектами в порядке убывания показателя $\mathcal{E}_i^k$.

Таксономический показатель уровня развития $\mathcal{E}_i^k$ характеризует эффективность i -го ($i = \overline{1, m}$) объекта в статике (в фиксированный момент времени t). Для анализа развития объекта формируется матрица исходных показателей по годам анализируемого периода T

Таблица 1

Результаты сравнительной оценки деятельности научных подразделений
НИИ Гидрометеорологии СССР за 1984 г.

Показатель	Номера подразделений											Коэффициент всего- мости		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12	13
Выполнение тематического плана	10,0	30,6	16,8	21,0	18,0	84,0	27,0	0,00	24,9	6,00	32,0	1,5	0,4	0,33
Уровень внедрения НИОКР	42,0	22,0	8,0	16,0	34,0	32,0	30,0	23,0	21,0	23,0	14,0	18,0	23,0	1,00
Уровень творческой активности	14,0	60,0	34,0	37,0	67,0	41,0	160,0	23,0	36,0	34,0	55,0	33,0	1,0	0,36
Уровень общественного признания работ отдела	41,0	47,0	18,0	52,0	40,0	41,0	100,0	64,0	30,0	33,0	61,0	71,0	8,0	0,74
Участие в МНТС	4,0	7,0	1,3	0,3	0,2	0,0	1,3	1,2	0,0	0,1	0,0	0,4	0,7	0,69
Уровень организации управления НИОКР	63,0	60,0	50,0	46,0	48,0	65,0	48,0	50,0	63,0	45,0	49,0	57,0	45,0	0,39
Движение за коммунистическое отношение к труду и социальные результаты	42,0	22,0	8,0	16,0	34,0	32,0	30,0	23,0	21,0	23,0	14,0	18,0	23,0	0,67
Показатель уровня развития	0,318	0,310	0,044	0,181	0,215	0,321	0,418	0,184	0,224	0,123	0,264	0,168	0,026	
Место отдела	3	4	12	9	7	2	1	8	6	11	5	10	13	

Таблица 2

**Динамика основных показателей и результаты комплексной оценки
эффективности работы НИИ Госкомгидромета СССР за 1980—1985 гг.**

Наименование показателя	1980	1981	1982	1983	1984	1985	Кэффи- циент весомо- сти пока- зателя
Количество выполняемых тем	98	75	81	79	72	78	0,12
Средняя трудоемкость темы, чел. мес.	112	147	136	126	129	134	0,13
Техническая вооруженность труда, тыс. руб./чел.	12,7	13,1	13,2	13,6	13,9	15	0,11
Количество внедренных результатов	41	40	42	41	44	48	0,10
Экономический эффект от внедрения результатов НИР, млн. руб.	30,3	27,0	31,2	27,5	33,4	35,0	1,00
Количество публикаций по результатам НИОКР	480	421	488	456	388	490	0,10
Количество поданных заявок на изобретения	32	32	33	35	35	36	0,10
Количество наград по резуль- татам НИР	13	18	13	17	17	16	0,11
Среднесписочная численность научных работников, чел.	995	1002	973	908	906	900	0,13
Среднесписочная численность докторов наук, чел.	27	25	23	24	26	27	0,10
Среднесписочная численность кандидатов наук, чел.	169	171	172	170	176	178	0,19
Выработка на одного работ- ника, руб./чел.	4050	4100	4100	4200	4400	4400	0,48
Показатель уровня развития	0,17	0,21	0,27	0,33	0,46	0,69	
Прирост показателя уровня развития по отношению к базовому 1980 г., %	—	23,5	58,8	94,1	170,6	305,8	
Прирост показателя уровня развития по отношению к предыдущему году, %	—	23,5	23,8	22,2	39,3	79,2	

$$\Pi = \left\| \Pi_{jt} \right\|_{j,t=1}^{n,t} \quad (21)$$

и по рассмотренному выше алгоритму определяются показатели уровня развития объекта для каждого года $t \in T$.

В табл. 1 приведены результаты сравнительной оценки деятельности НИИ Госкомгидромета СССР по семи группам показателей, характе-

ризующим выполнение тематического плана НИР и ОКР, плана внедрения результатов законченных исследований и разработок в народное хозяйство, творческую активность и общественное признание работ подразделения, уровень организации управления НИОКР и участие в социалистическом соревновании за коммунистическое отношение к труду. Полученные значения комплексных показателей эффективности работы подразделений в виде показателей уровня развития (20) позволяют однозначно осуществить ранжировку подразделений с присвоением им занятых мест.

В табл. 2 представлены результаты анализа деятельности НИИ за 1980–1985 гг. по 12 частным показателям. Результаты оценки показателя уровня развития показывают, что эффективность работы института за анализируемый период (6 лет) возросла на 305 % при среднегодовом темпе прироста 37,6 %.

Приведенные примеры свидетельствуют о применимости рассмотренного выше алгоритма для решения задач:

- комплексной оценки эффективности деятельности научных учреждений и их структурных подразделений;
- оценки качества НИОКР, представленных на конкурс;
- подведения итогов социалистического соревнования между институтами отрасли и структурными подразделениями внутри института;
- анализа результатов деятельности института за определенный период.

Кроме того, на основе приведенного алгоритма с использованием коэффициентов весомостей показателей (20) можно решить задачи выбора системы показателей при построении регрессионных и многофакторных моделей, а также задач районирования территорий по климатическим, гидрологическим и другим показателям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глотов В. А., Павельев В. В. Векторная стратификация. — М.: Наука, 1984. — 94 с.
2. Плута В. Сравнительный многомерный анализ в экономических исследованиях — М.: Статистика, 1980. — 151 с.

ОЦЕНКА УРОВНЯ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫМИ ИССЛЕДОВАНИЯМИ И РАЗРАБОТКАМИ

Эффективность функционирования научных учреждений и их структурных подразделений в значительной мере определяется уровнем организации управления научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами (НИОКР), под которым понимают обобщенную качественную характеристику степени совершенства основных функций управления: прогнозирования, перспективного и текущего планирования (годового и квартального), оперативного регулирования, контроля, учета, анализа результатов и стимулирования деятельности научных коллективов.

Анализ организационного уровня управления осуществлялся по системе показателей (рис. 1), структура которой включала обобщенный показатель Π_0 , определяющий относительную оценку в долях единицы уровня развития всех перечисленных выше основных функций управления, шесть групповых показателей Π_i , характеризующих уровень развития каждой функции по совокупности единичных показателей Π_{ij} ($i = 1, 6; j = 1, m$).

Обобщенный показатель Π_0 рассчитывался по формуле линейной свертки групповых показателей

$$\Pi_0 = \sum_{i=1}^6 K_i \Pi_i, \quad (1)$$

где K_i — коэффициент весомости i -го показателя определяемый по формуле [1]:

$$K_i = i^{0,92} / 2^{i-1}. \quad (2)$$

Единичные показатели Π_{ij} определялись по генеральной определительной таблице, специально построенной для оценки организационного уровня управления НИУ (табл. 1).

Оценка уровня развития основных функций управления проводится в несколько этапов.

Прогнозирование. Оценка состояния и уровня развития функции прогнозирования осуществляется по показателям: комплексность прогнозирования $\Pi_{1,1}$, регулярность разработки прогнозов $\Pi_{1,2}$, полнота использования методов прогнозирования $\Pi_{1,3}$ и удельный вес тем, разрабатываемых на основе прогнозов $\Pi_{1,4}$.

Идеальный уровень развития функции прогнозирования, соответ-

П₀ Уровень организации управления

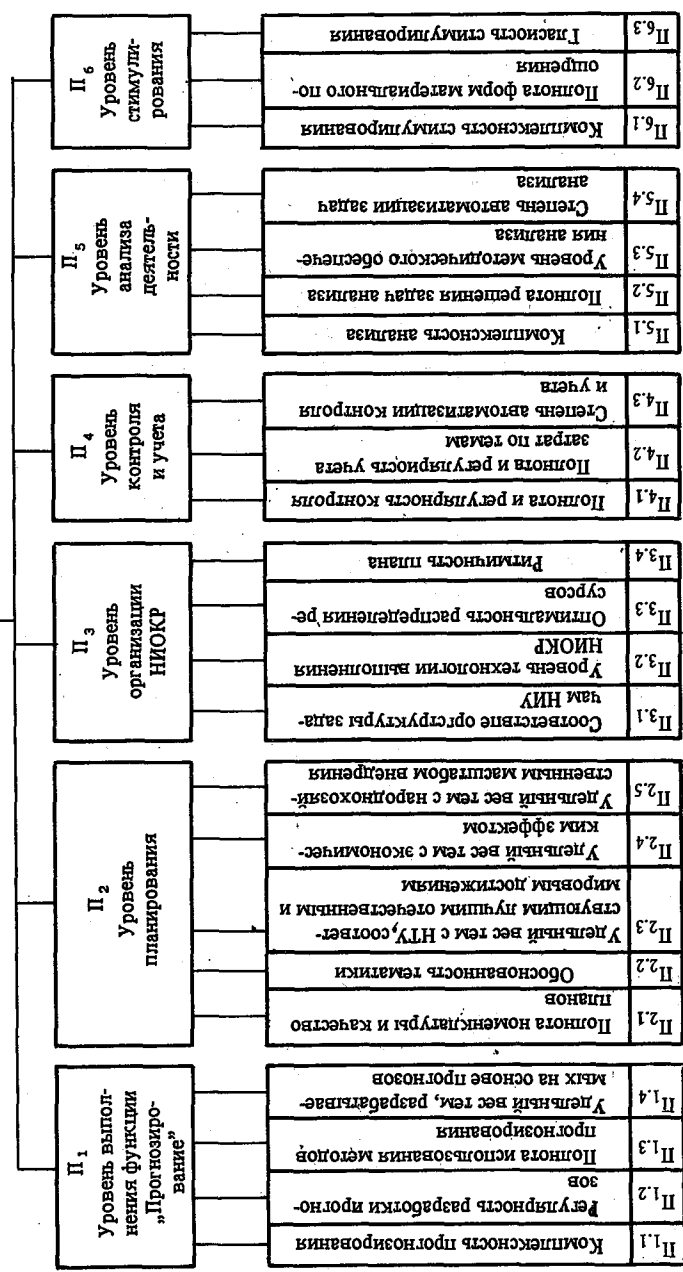


Рис. 1. Структура показателей оценки уровня организации управления.

Генеральная определительная таблица (ГОТ) для оценки организационного уровня управления НИУ

102

1.2. Регулярность разработки прогнозов	0,307	Прогнозы не составляются	Прогнозы составляются эпизодически	Прогнозы составляются регулярно, преобладает ручная обработка прогнозной информации	Прогнозы составляются регулярно с применением ЭВМ для решения наиболее трудоемких задач	В НИУ используется человеко-машинная система непрерывного прогнозирования
Оценка показателя		0,061	0,123	0,184	0,246	0,307
1.3. Полнота использования методов прогнозирования	0,223	Прогнозы составляются интуитивно, без привлечения количественных методов	Прогнозы составляются в основном экспертные методы	Прогнозы используются экспертные и статистические методы	Прогнозы используются методы моделирования, статистические и экспертные	Прогнозы используются методы экстраполяции, статистические, моделирования и экспертные
Оценка показателя		0,045	0,089	0,134	0,178	0,223
1.4. Удельный вес тем НИР и ОКР, разрабатываемых в соответствии с планами	0,145	В соответствии с прогнозами разрабатывается до 20 % тем плана НИР и ОКР	В соответствии с прогнозами разрабатывается от 20 до 40 % тем плана НИР и ОКР	В соответствии с прогнозами разрабатывается от 40 до 60 % тем плана НИР и ОКР	В соответствии с прогнозами разрабатывается от 60 до 80 % тем плана НИР и ОКР	В соответствии с прогнозами разрабатывается от 80 до 100 % тем плана НИР и ОКР
Оценка показателя		0,029	0,058	0,087	0,116	0,145
2. Уровень выполнения функций планирования	0,298	Отсутствует более трех видов планов, имеющиеся планы удовлетворяют требованиям нормативных документов по планированию	Отсутствует часть плановых документов (научно-методических работ, патентов исследований или научных экспериментов по планированию (не планы удовлетворя-	Все планы в наличии, имеются существенные отклонения от требований нормативно-методических документов по планированию (не четкость формули-	Все планы в наличии, разработаны с несущественными отклонениями от требований нормативно-методических документов по планированию	Все планы в наличии и разработаны в полном соответствии с требованиями нормативными нормативно-методическими докумен-
2.1. Полнотаomenclature и качества планов (пятилетнего и годового планов ЭСР, НИР и ОКР, го-						

Код и наименование показателя	Коэффициент весомости	Градация показателя			
		1	2	3	4
довых планов научно-методических работ, научных экспедиций, хозяйственных работ, патентных исследований, стандартизации, внедрения и использования результатов законченных НИОКР)			ют требованиям нормативно-методических документов по планированию	ровок ожидаемых результатов, неопределенность внедрения, отсутствие четкого внедрения этапов и т. п.	тов по планированию.
2.2. Обоснованность тематики для включения в планы НИР и ОКР. (Наличие предплановых патентных исследований технико-экономического обоснования тем, системы показателей отбора тематики; рациональность соотношений между категориями НИОКР, госбюджетной и хозяйственной)	0,281	Большая часть тематики не имеет научного и технико-экономического обоснования (более 50 %), план составлен на основании предположений исполнителей без соблюдения рациональных соотношений между категориями НИОКР, госбюджетной и хозяйственной	Значительная часть тематики (не более 50 %) не имеет научного и технико-экономического обоснования имеются значительные отклонения от рациональных соотношений между категориями НИОКР, госбюджетной и хозяйственной	Полная научная обоснованность планов, технико-экономическое обоснование не по плану, имеются отклонения от рациональных соотношений между категориями НИОКР, госбюджетной и хозяйственной	Полная научная и технико-экономическая обоснованность планов с соблюдением рациональных соотношений между категориями НИР и ОКР, госбюджетной и хозяйственной тематики. Выбор тематики осуществлен по системе критериев
Оценка показателя	0,060	0,119	0,179	0,238	0,298

предложений испол- венно
нителей

триинститутской те-
матикой, между
фундаментальны-
ми, поисковыми и
прикладными НИР,
госбюджетными и
хоздогворными ра-
ботами)

Оценка показателя	0,056	0,113	0,163	0,226	0,282
2.3. Удельный вес тем, выходящих ре- зультаты которых планируются на уро- вне лучших миро- вых и отечествен- ных достижений	0,204	до 20 %	от 20 до 40 %	от 40 до 60 %	от 60 до 80 % от 80 до 100 %
Оценка показателя	0,041	0,082	0,122	0,163	0,204
2.4. Удельный вес тем с планируемым экономическим эф- фектом	0,133	до 20 %	от 20 до 40 %	от 40 до 60 %	от 60 до 80 % от 80 до 100 %
Оценка показателя	0,027	0,053	0,080	0,106	0,133
2.5. Удельный вес тем, результаты ко- торых планируются внедрить в масшта- бах страны	0,82	до 20 %	от 20 до 40 %	от 40 до 60 %	от 60 до 80 % от 80 до 100 %
Оценка показателя	0,017	0,033	0,049	0,066	0,082

Продолжение таблицы 1

Код и наименование показателя	Коэффициент весомости	Градация показателя				
		1	2	3	4	5
3. Уровень организации научных исследований и разработок	0,325	Значительное несоответствие структуры НИУ тематическому плану, непрофильная тематика составляет более 20 % планового объема НИОКР	Существенное несоответствие структуры НИУ тематическому плану, непрофильная тематика составляет не более 15 % планового объема НИОКР	Частичное несоответствие структуры НИУ тематическому плану, непрофильная тематика составляет не более 10 % планового объема НИОКР	Практически полное соответствие структуры НИУ тематическому плану, имеются отдельные несоответствия тематике	Полное соответствие структуры НИУ тематическому плану, отсутствуют несоответствия тематике
3.1. Соответствие организационной структуры НИУ составу и содержанию тематического плана						
Оценка показателя		0,065	0,130	0,195	0,260	0,325
3.2. Уровень технологии выполнения НИОКР	0,307	По типовым технологиям (этапам, стадиям) выполняется до 20 % объема НИОКР	По типовым технологиям выполняется от 20 до 40 % объема НИОКР	По типовым технологиям выполняется от 40 до 60 % объема НИОКР	По типовым технологиям выполняется от 60 до 80 % объема НИОКР	По типовым технологиям выполняется от 80 до 100 % объема НИОКР
Оценка показателя		0,061	0,123	0,184	0,246	0,307
3.3. Оптимальность распределения трудовых, материальных, финансовых ресурсов по тематике плана НИР и ОКР	0,223	До 10 % тематике НИР и ОКР не обеспечено трудовыми, материально-техническими и финансовыми ресурсами	До 5 % тематике НИР и ОКР не обеспечено трудовыми, материально-техническими и финансовыми ресурсами	Трудовые ресурсы распределены в соответствии с трудовоемкостью тематике НИР и ОКР, отдельные тематические темы не обеспечены финансовыми и материально-техническими ресурсами	Трудовые и финансовые ресурсы распределены в соответствии с трудовоемкостью работ и значимостью тематике НИР и ОКР, отдельные тематические темы не обеспечены материально-техническими ресурсами	Все виды ресурсов распределены в соответствии с выполняемым объемом работ и значимостью тематике НИР и ОКР

Оценка показателя	0,045	0,089	0,134	0,178	0,223
3.4. Ритмичность выполнения тематики	0,145				
Все темы плана НИР и ОКР запланированы к завершению в IV квартале	До 80 % тем запланированы к завершению в IV квартале	До 60 % тем запланированы к завершению в IV квартале	До 40 % тем запланированы и завершены в IV квартале	Темы запланированы к завершению равномерно по всем кварталам	
Оценка показателя	0,029	0,058	0,087	0,116	0,145
4. Уровень выполнения функций контроля и учета.					
4.1. Полнота и регулярность контроля хода выполнения НИОКР	0,380				
Ежеквартально осуществляется контроль выполнения тематического плана по номенклатуре и срокам, контроль объема затрат (фактической себестоимости НИОКР) осуществлялся с запаздыванием более одного месяца, меры по ликвидации отклонений принимаются только по тематической части НИР и ОКР	Ежеквартально осуществляется контроль выполнения плана по номенклатуре, срокам и объемам затрат на НИОКР, запаздывание в получении данных по фактическим затратам, об-суждении результатов и принятии мер по ликвидации отклонений не превышает 20 дней	Ежеквартально осуществляется контроль выполнения плана по номенклатуре, срокам и объемам затрат на НИОКР, запаздывание в получении данных по фактическим затратам, об-суждении результатов и принятии мер по ликвидации отклонений не превышает 15 дней	Ежеквартально осуществляется контроль выполнения плана по номенклатуре, срокам и объемам затрат на НИОКР, запаздывание в получении данных по фактическим затратам, об-суждении результатов и принятии мер по ликвидации отклонений не превышает 10 дней	Ежеквартально осуществляется контроль выполнения плана по номенклатуре, срокам и объемам затрат на НИОКР, запаздывание в обслуживании результатов контроля и принятии мер по ликвидации отклонений не превышает 5 дней	
Оценка показателя	0,076	0,152	0,228	0,304	0,380

Продолжение таблицы 1

Код и наименование показателя	Коэффициент весомости	Градация показателя				
		1	2	3	4	5
4.2. Полнота и регулярность учета затрат по темам	0,359	Учет затрат по всем статьям сметы производится ежеквартально, запаздывание не превышает 15 дней	Учет затрат по всем статьям сметы производится ежеквартально. Запаздывание не превышает 10 дней	Учет затрат по всем статьям сметы производится ежеквартально. Запаздывание не превышает 5 дней	Учет затрат производится по всем статьям сметы регулярно с ежемесячной выдачей результатов. Запаздывание не превышает 10 дней	Учет затрат производится по всем статьям сметы регулярно с ежемесячной выдачей результатов. Запаздывание не превышает 5 дней
Оценка показателя		0,072	0,144	0,215	0,287	0,359
4.3. Степень автоматизации контроля и учета	0,261	Степень автоматизации функций контроля и учета не превышает 20 %	Степень автоматизации функций контроля и учета находится в пределах от 20 до 40 %	Степень автоматизации функций контроля и учета находится в пределах от 40 до 60 %	Степень автоматизации функций контроля и учета находится в пределах от 60 до 80 %	Степень автоматизации функций контроля и учета находится в пределах от 80 до 100 %
Оценка показателя		0,052	0,104	0,157	0,209	0,261
5. Уровень выполнения функций "Анализ деятельности"						
5.1. Комплексность анализа	0,325	Выполняется только тематический анализ	Выполняется текущих, тематический и сравнительный анализ	Выполняются основные виды анализа, кроме перспективного и оперативного	Выполняются все виды анализа, кроме перспективного	Выполняются все виды анализа: перспективный, текущий, оперативный,

Оценка показателя	0,065	0,130	0,195	0,260	0,325
5.2. Полнота решения задач анализа	0,307	Решается менее 20 % задач анализа	Решается от 20 до 40 % задач анализа	Решается от 40 до 60 % задач анализа	Решается от 60 до 80 до 100 % задач анализа
Оценка показателя	0,061	0,123	0,184	0,246	0,307
5.3. Уровень методического обеспечения задачи анализа	0,223	Методически обеспечено решение до 20 % задач анализа	Методически обеспечено решение от 20 до 40 % задач анализа	Методически обеспечено решение от 40 до 60 % задач анализа	Методически обеспечено решение от 60 до 80 до 100 % задач анализа
Оценка показателя	0,045	0,089	0,134	0,178	0,223
5.4. Степень автоматизации задач анализа	0,145	Автоматизировано менее 20 % задач анализа	Автоматизировано от 20 до 40 % задач анализа	Автоматизировано от 40 до 60 % задач анализа	Автоматизировано от 60 до 80 % задач анализа
Оценка показателя	0,029	0,058	0,087	0,116	0,145

6. Уровень выполнения функций "Стимулирование"

6.1. Комплексность Стимулирование ис- Стимулирование ис- Стимулирование Стимулирование Стимулирование

Продолжение таблицы 1

Код и наименование показателя	Коэффициент весомости	Градация показателя				
		1	2	3	4	
системы стимулирования		полнителей производится только по итогам конкурса на лучшую НИР	полнителей производится по итогам выполнения тематического плана и конкурса на лучшую НИР	производится по итогам выполнения тематического плана, конкурса на лучшую НИР и результатам внедрения	производится по итогам выполнения плана, конкурса на лучшую НИР, результатам внедрения, уровню качества НИОКР	производится по итогам выполнения плана, конкурса на лучшую НИР, результатам внедрения, уровню качества и эффективности использования результатов НИОКР в народном хозяйстве
Оценка показателя		0,076	0,152	0,228	0,304	0,380

6.2. Полнота использования морального поощрения 0,359

Используется один вид морального поощрения

Используется два вида морального поощрения

Используются три вида морального поощрения

Используется четыре вида морального поощрения

Используются все виды морального поощрения: занесение в Книгу и Доску почета, награждение Почетной грамотой, Зна-

ком „Победитель социалистического соревнования”, объявление благодарности в приказе

Оценка показателя	0,072	0,144	0,215	0,287	0,359
6.3. Гласность при стимулировании	Низкая	Удовлетворительная	Достаточная	Высокая	Очень высокая
Оценка показателя	0,052	0,104	0,157	0,209	0,261

ствующий оценке единица, качественно характеризуется следующим образом: в НИУ создана и регулярно используется диалоговая система (человек—машина) непрерывного прогнозирования всех направлений деятельности, основанная на комплексном использовании известных методов прогнозирования (экстраполяции, статистических, моделирования и экспертных) и обеспечивающая разработку сверхдолгосрочных (на период 20 лет) и долгосрочных (на период 10–15 лет) прогнозов развития экономического и социального развития коллективов, основных научных направлений НИУ, исследований и разработок по каждому направлению, научно-технического уровня НИОКР, путей внедрения их результатов и потребностей в ресурсах.

При этом $P_{1.1} = 0,325$; $P_{1.2} = 0,307$; $P_{1.3} = 0,223$; $P_{1.4} = 0,145$; $P_1 = P_{1.1} + P_{1.2} + P_{1.3} + P_{1.4} = 1,000$.

Фактический уровень развития функции прогнозирования в ГГО качественно характеризуется следующим образом: за 1983 – 1985 гг. разработаны прогнозы развития основных научных направлений; тематики НИР на период до 1990 г. (горизонт прогнозирования 7 лет) и потребностей в ресурсном обеспечении. Основной метод прогнозирования – экспертный. Удельный вес тематики плана НИР и ОКР на XII пятилетку разрабатываемой в соответствии с прогнозами составляет 56 %. При этом были выполнены следующие этапы прогнозирования: аналитический и исследовательский (практически в полном объеме), программный (частично). В соответствии с приведенной выше табл. 1 единичные показатели оцениваются величинами: $P_{1.1} = 0,130$; $P_{1.2} = 0,184$; $P_{1.3} = 0,089$; $P_{1.4} = 0,058$.

Групповой показатель уровня развития функции прогнозирования $P_1 = 0,130 + 0,184 + 0,089 + 0,058 = 0,461$.

Планирование. Оценка состояния и уровень развития функции планирования осуществляется по показателям: полнота номенклатуры и качество планов $P_{2.1}$; обоснованность тематики $P_{2.2}$; удельный вес тем, выходные результаты которых планируются на уровне лучших отечественных и мировых достижений $P_{2.3}$; удельный вес тем с планируемым экономическим эффектом $P_{2.4}$ и удельный вес тем, результаты которых планируются в масштабах страны, $P_{2.5}$.

Идеальный (эталонный) уровень развития данного показателя характеризуется следующим образом: в НИУ в полном соответствии с действующими нормативными и руководящими документами разрабатывается вся номенклатура обязательных планов (пятилетних и годовых) экономического и социального развития коллектива; пятилетних и годовых планов НИР и ОКР; годовых планов научно-методических (производственных) работ; научных экспедиций; хозяйственных

ных работ; патентных исследований; стандартизации; внедрения и использования результатов НИОКР. Все планы имеют научное и технико-экономическое обоснование, на уровне лучших отечественных достижений, с экономическим эффектом и народнохозяйственным масштабом внедрения планируется 80–100 % тем.

При этом $I_{2,1} = 0,298$; $P_{2,2} = 0,282$; $P_{2,3} = 0,204$; $P_{2,4} = 0,133$ и $P_{2,5} = 0,082$, а идеальный уровень группового показателя $P_2 = 0,288 + 0,282 + 0,204 + 0,133 + 0,082 = 1,00$.

Фактический уровень развития функции планирования в ГГО качественно характеризуется следующим образом: разрабатывается полная номенклатура планов, однако качество их не в полной мере удовлетворяет требованиям нормативно-методических и руководящих документов по планированию (имеют место нечеткость формулировок целей исследований и ожидаемых результатов, несоблюдение квартальных разрядов плана, планирование промежуточных, а не конечных результатов, неопределенность путей внедрения и т. п.); технико-экономическое обоснование НИОКР при включении в план производится только в части определения ориентировочной сметной стоимости планируемых работ, экономический эффект определяется в основном экспертно, отсутствует обоснование трудоемкости работ, соотношение между фундаментальными и прикладными исследованиями не выдерживается, научно-технический уровень планируется только по части тем, загруженность подразделений и напряженность плана не определяется, нормативная база отсутствует, план по сметной стоимости НИОКР не сбалансирован с выделяемыми ресурсами, объем затрат не отражает планируемого объема работ по номенклатуре и содержанию исследований, часть хозяйственных НИР не включается в планируемые темы и др.

В соответствии с приведенными данными качественному состоянию показателей уровня планирования приписываются следующие значения:

$$P_{2,1} = 0,179; P_{2,2} = 0,113; P_{2,3} = 0,041; P_{2,4} = 0,053 \text{ и } P_{2,5} = 0,049.$$

Групповой показатель уровня развития функции планирования равен $P_2 = 0,179 + 0,113 + 0,041 + 0,063 + 0,049 = 0,435$.

Организация НИР и ОКР. Уровень организации исследований и разработок оценивается по соответствию организационной структуры НИУ составу и содержанию тематического плана (задачам научных исследований и разработок), уровню технологии выполнения НИОКР, оптимальности распределения ресурсов и ритмичности выполнения плановых заданий в течение года.

Эталонное значение уровня организации НИР и ОКР качественно

определяется следующим образом: полное соответствие организационной структуры задачам исследований и разработок; распределение выделенных ресурсов в соответствии со значимостью тематики; полная ресурсная обеспеченность плана (сбалансированность по ресурсам); выполнение всех НИР и ОКР по типовым технологиям, установленным ГОСТами, ОСТАми, СТП и другими нормативными документами отраслевого или государственного уровня; равномерность завершения тематики в течение года. Данному качественному уровню соответствуют следующие значения единичных показателей:

$$П_{3,1} = 0,325; П_{3,2} = 0,307; П_{3,3} = 0,223; П_{3,4} = 0,145 \text{ и}$$

$$П_3 = 0,325 + 0,307 + 0,223 + 0,145 = 1,00.$$

Фактический уровень организации НИР и ОКР качественно характеризуется следующим образом: практически полное соответствие структуры ГГО задачам исследований и разработок; наличие отдельных соисполнительских тем вне основных научных направлений; применение типовых технологий выполнения НИР только в ОКР; разработке стандартов и других руководящих документов (менее 20 % тематики); частичная необеспеченность планов финансовыми и материально-техническими ресурсами (план внедрения, сверхплановые задания, ряд контрагентских работ); планирование окончания тем как правило на конец года. Данному качественному уровню организации НИР и ОКР соответствуют следующие значения показателей

$$П_{3,1} = 0,260, П_{3,2} = 0,061, П_{3,3} = 0,178, П_{3,4} = 0,029 \text{ и}$$

$$П_3 = 0,260 + 0,061 + 0,178 + 0,029 = 0,528.$$

Уровень выполнения функции „Контроль и учет“ Оценка уровня выполнения данной функции производится по показателям полноты и регулярности контроля хода выполнения НИОКР $П_{4,1}$, полноты и регулярности учета затрат по темам $П_{4,2}$, степени автоматизации функции контроля и учета $П_{4,3}$.

Эталонный уровень – регулярный ежеквартальный контроль выполнения планов по номенклатуре, сроком выполнения и объемам работ с не более, чем 5-дневным запаздыванием принятия мер по ликвидации выявленных отклонений ($П_{4,1} = 0,380$), ежемесячный учет затрат по всем статьям сметы с запаздыванием в выдаче результатов, не превышающем 5 дней ($П_{4,2} = 0,359$), степень автоматизации задач контроля и учета 80–100 % ($П_{4,3} = 0,261$).

Фактический уровень выполнения функции контроля и учета в ГГО характеризуется следующим образом – контроль ежеквартальный, с обсуждением результатов на дирекции, запаздывание и издание

приказов по принятию мер, устраняющих выявленные отклонения, до 15 дней ($P_{4,1} = 0,228$), учет затрат по темам – ежеквартальный с запаздыванием 12–15 дней ($P_{4,2} = 0,072$), автоматизирован учет материальных ценностей, учет затрат по темам (с ручным вводом данных по отдельным статьям затрат) и контроль исполнительской деятельности, всего на ЭВМ решается 25–30 % задач контроля и учета ($P_{4,3} = 0,104$). Данному качественному уровню соответствует значение $P_4 = 0,228 + 0,072 + 0,104 = 0,404$.

Уровень выполнения функции „Анализ деятельности”.

Оценка уровня выполнения данной функции управления осуществляется по показателям: комплексность анализа $P_{5,1}$, полнота решения задач анализа $P_{5,2}$, уровень методического обеспечения задач анализа $P_{5,3}$, степень автоматизации задач анализа $P_{5,4}$.

Эталонное значение уровня выполнения функции „Анализ деятельности” качественно характеризуется следующим образом – в НИУ регулярно проводится комплексный анализ по всем его видам: перспективному, текущему, оперативному, сравнительному и тематическому ($P_{5,1} = 0,325$), в процессе анализа решается от 80 до 100 % задач ($P_{5,2} = 0,307$), имеющих полное методическое обеспечение ($P_{5,3} = 0,223$), решение этих задач осуществляется на ЭВМ ($P_{5,4} = 0,145$). При этом

$$P_5 = 0,325 + 0,307 + 0,223 + 0,145 = 1,00.$$

Фактический уровень – к настоящему времени (с 1984 г.) в ГТО проводится текущий, сравнительный и тематический анализ ($P_{5,1} = 0,130$), анализом охвачено от 40 до 60 % задач ($P_{5,2} = 0,178$), автоматизировано до 40 % задач ($P_{5,4} = 0,058$). В этом случае

$$P_5 = 0,130 + 0,184 + 0,178 + 0,058 = 0,550.$$

Уровень организации функции „Стимулирование”.

Оценка уровня организации данной функции осуществляется по показателям: комплексность стимулирования $P_{6,1}$, полнота использования форм морального поощрения $P_{6,2}$ и гласность стимулирования $P_{6,3}$.

Эталонный уровень, равный единице, достигается при следующих качественных уровнях единичных показателей: стимулирование работников НИУ осуществляется комплексно по итогам выполнения тематического плана, конкурсов на лучшую НИР, результатам внедрения, уровню качества и достигнутый эффект в народном хозяйстве ($P_{6,1} = 0,380$) используются все формы морального поощрения: занесение в Книгу Почета, Доску почета, награждение Почетной грамотой, знаком „Победитель соцсоревнования”, объявление благодарности в

приказе ($\Pi_{6,2} = 0,359$), итоги деятельности и вопросы поощрения широко обсуждаются в коллективах научных подразделений ($\Pi_{6,3} = 0,261$).

Фактический уровень – материальное стимулирование осуществляется при завершении тем по итогам конкурсов на лучшую НИР, эпизодические за выполнение темплана и результаты внедрения ($\Pi_{6,1} = 0,152$), используются все виды морального поощрения, кроме занесения в Книгу Почета ($\Pi_{6,2} = 0,282$), выдвижение кандидатур на материальное и моральное поощрение осуществляется на общих собраниях отделов – гласность достаточная ($\Pi_{6,3} = 0,157$). Итоговая оценка уровня организации функции „Стимулирование”

$$\Pi_6 = 0,152 + 0,282 + 0,157 = 0,591.$$

По важности функции управления распределяются следующим образом:

Функция управления	Коэффициент весомости
Планирование (Π_2)	0,284
Организация НИР и ОКР (Π_3)	0,269
Анализ деятельности (Π_5)	0,195
Стимулирование (Π_6)	0,127
Контроль и учет (Π_4)	0,078
Прогнозирование (Π_1)	0,046

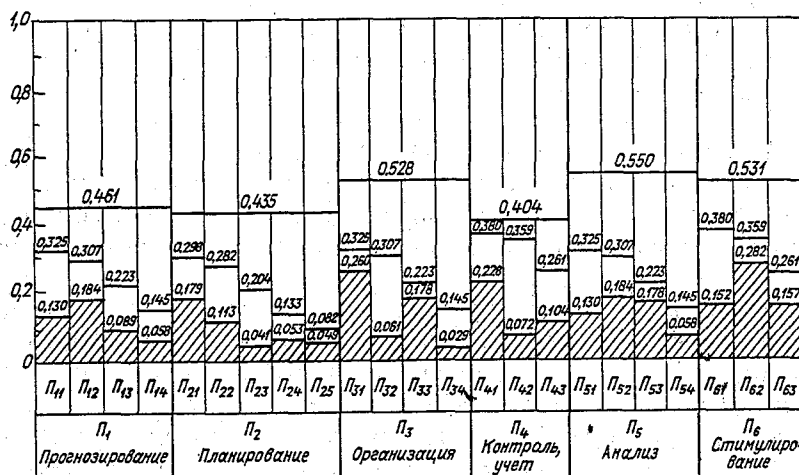


Рис. 2. Уровни организации функций управления по отдельным показателям.

**Аналитико-диагностическая матрица организационных резервов
и источников повышения эффективности управления научными исследованиями и разработками**

Видимые следствия снижения эффективности управления НИР и ОКР	Определение причин (диагноз) снижения эффективности процесса управления	Источники причин, указанных в гр. 2	Возможные пути устранения причин снижения эффективности управления
Уровень выполнения функции прогнозирова- ния составляет 46 % от эталонного (норматив- ного) значения	Низкий уровень комплексности разработки прогнозов, регуляр- ности обновления прогнозной информации, ограниченность применяемых методов прогно- зирования (только экспертный), недостаточный удельный вес тем, разрабатываемых в соответ- ствии с прогнозами	В Госкомгидромете отсутствует практический опыт прогнозиро- вания развития науки и тех- ники. Необязательность использо- вания прогнозов при разработке перспективных планов НИР и ОКР. Отсутствие специалистов по прогнозированию. Преобладание интуитивных (волевых) решений при форми- ровании планов.	Изучить опыт организации прогнозических разработок в НИУ г. Ленинграда и оценить возможности его использования в условиях ГГО. Разработать комплексную систему непре- рывного прогнозирования по основным науч- ным направлениям обсерватории. Включить во внутренний план ГГО начи- ная со второй половины 1987 г. тему прогнози- рования развития НИР и ОКР до 2005 г. и пер- спективного плана на 1990–1995 гг. Организовать разработку прогнозов потре- бностей народного хозяйства в результатах НИР, выполняемых ГГО и в гидрометеон- формации.
			Разработать прогноз научно-технического развития ГГО до 2005 г.
			Разработать и внедрить методы инженер- ного прогнозирования технико-экономиче- ских характеристик приборов по профилю ГГО
			Разработать и внедрить в практику прове- дения ГГО методы прогнозирования затрат на мероприятия по научно-техническому прог- нозу в области гидрометеорологического при- боростроения

Продолжение табл. 2

Видимые следствия снижения эффективности управления НИР и ОКР	Определение причин (диагноз) снижения эффективности процесса управления	Источник причин, указанных в гр. 2	Возможные пути устранения причин снижения эффективности управления
Недостаточный организационный уровень тематического планирования НИР и ОКР (43 % от нормативного)	Отсутствие научного, организационного и экономического обоснования планов, несоответствие тематического (номенклатурного) объема работ объемам затрат, отсутствие приоритетности в номенклатуре плана, слабая целенаправленность плана, отсутствие комплексности работ по проблемам, планирование промежуточных, а не конечных результатов, неопределенность в планировании внедрения, значительные нарушения деятельности ГОСОбов, ОСТов, определяющих технологию проведения исследований, нечеткость квартального планирования как по этапам, так и по объемам работ, распыленность форм отчетности по законченным этапам, несбалансированность тематического объема работ с ресурсным обеспечением	Планирование „снизу” с учетом интересов исполнителей, а не народнохозяйственных потребностей. Отсутствие целевой стадии планирования. Запаздывание во времени между тематическим и финансовым (технико-экономическим) планированием на 6—8 мес Нечеткость технологий планирования и отсутствие регламентации типовых этапов Слабое знание существа регламентирующих документов в подразделениях Отсутствие регламентации в планировании ресурсного обеспечения плана Временной разрыв и отсутствие четкой взаимосвязи между тематическим и финансовым планированием	Четко определить обязательную номенклатуру планов, технологий и порядок их разработки Добиться одновременного формирования первичных плановых документов: ТК, ТЗ, сметы затрат, предварительного расчета ожидаемого экономического эффекта, карты уровня качества планируемой НИР или ОКР Подготовить предложения в Госкомгидромет о введении единого планового документа типа внутриминистерского заказа-наряда, перечень которых и должен представлять собой тематический план НИУ Разработать СТП по технико-экономическому планированию НИР и ОКР Изучить возможности перехода ГГО на нормативные основы тематического и финансового планирования по укрупненным показателям Перейти на сквозное планирование цикла „исследование—внедрение”, добиться сокращения цикла до 5 лет Провести обучение специалистов по вопросам тематического планирования Оценить возможность автоматизации работ по планированию Разработать СТП: „Типовые технологии выполнения НИР и ОКР”
Организация НИР и ОКР по уровню технологии выполнения исследований, оптимальности распределения ре-	Несоблюдение требований действующих ГОСОбов (15.001—73, 15.101—81, ЕСКД, ЕСПД, Госстандарт и др.) по части типовых этапов работ	Незнание исполнителями и работниками плановых служб действующих нормативных документов Психологическая инерция	„Порядок разработки плановых документов и технико-экономического обоснования планов”

сурсов, ритмичности выполнения плановых заданий не отвечает современным требованиям (достигнутый уровень организации НИОКР составляет примерно 53 % от нормативного)	Отсутствие регламентации типовых этапов выполнения НИР в масштабах Госкомгидромета Несогласованность сроков планирования тематической и ресурсной части плана Отсутствие четкости в перспективном планировании (программно-целевого и разреза плана)	Отсутствие ответственности за качество организационной работы Отсутствие нормативной базы (укрупненных и дифференцированных норм трудовых, финансовых и материальных затрат на выполнение НИР и ОКР)	Изучить с научными руководителями, ответственными исполнителями плановых подразделений руководящие документы по организации НИОКР Составить и утвердить на дирекции графики движения плановых документов. Согласовать сроки подготовки документов по тематическому и технико-экономическому планированию Оценить виды работ, подпадающих нормированию, и разработать для них укрупненные нормы трудовых, материальных и финансовых затрат
Мал удельный вес работ с планируемыми экономическим эффектом (до 40 % тем)	Низкий уровень или отсутствие ТЭО по темам плана НИР и ОКР	Процесс ТЭО в отраслевом масштабе не регламентирован	Разработать и внедрить нормативный документ „Порядок технико-экономического обоснования НИР и ОКР“
Мал процент тем с народнохозяйственным масштабом внедрения результатов (40–56 % общего объема внедряемых результатов)	Неудовлетворительный уровень целенаправленности плана, планирование значительного объема промежуточных результатов, не подлежащих внедрению, отрыв плана НИР и плана внедрения от потребностей народного хозяйства	Планирование „снизу“ от исполнителя, а не от потребности (задачи)	Подготовить предложения и разработать научно-организационный замысел темы НИР по изучению отраслевых и народно-хозяйственных потребностей в результатах исследований, выполняемых ГГО
Низкий уровень выполнения функций учета и контроля (достигнутый уровень составляет 40,4 % от нормативного)	Практическое отсутствие первичного учета результатов деятельности в подразделениях Низкая достоверность учета фактических трудовых затрат по темам Запаздывание до 15 дней в кварталах, и до 2-х мес в год в учете затрат по темам	Распределенность учетных операций по случайным исполнителям, отсутствие регламентации в выдаче данных оперативного учета Большая трудоемкость учета, преобладание ручного труда	Издать и снабдить отделы типовыми журналами учета результатов деятельности Ввести единые машинные формы учета фактически отработанного времени по темам
			Усилить работу по автоматизации бухгалтерского учета

Видимые следствия снижения эффективности управления НИР и ОКР	Определение причин (диагноз) снижения эффективности процесса управления	Источник причин, указанных в гр. 2	Возможные пути устранения причин снижения эффективности управления
Мал процент задач учета и контроля, решаемых с помощью ЭВМ (25-30 % общего объема задач)	Отсутствие автоматизированной системы контроля и учета НИУ		Внедрить подсистемы "Бухгалтерский учет", "Зарботная плата", "Учет движения кадров". Расширить функции АСКИД в направлении решения задач контроля за ходом выполнения НИР и ОКР
Уровень выполнения функций "Экономический анализ деятельности" не удовлетворяет современным требованиям (55 % от нормативного уровня)	Ограниченность анализа как по количеству аналитических задач, так и по видам анализа Отсутствие алгоритмов решения ряда задач Неподготовленность НИУ к проведению анализа (отсутствие первичного учета, его недостоверность, нерегулярность) Большая трудоемкость анализа	Отсутствие проверенной методики экономического анализа деятельности НИУ Отсутствие специалистов по экономическому анализу Приверженность специалистов ППО, ПЭУ, бухгалтерии к традиционным формам планирования работы	Оценить возможность обработки на ЭВМ таблиц отработанного времени Разработать и внедрить подсистему АСУ НИУ "Экономический анализ деятельности" Перестроить систему первичного учета в ПГО в соответствии с требованиями функции анализа Подготовить специалистов по анализу деятельности Создать из сотрудников ППО, бухгалтерии, ОК, ОЭСИ постоянно действующее бюро по экономическому анализу деятельности ПГО Четко определить функции структурных подразделений по экономическому анализу

Результирующая оценка уровня организации управления по обобщенному показателю равна средневзвешенной оценке по всем рассмотренным функциям управления, т. е.

$$\Pi = 0,046 \cdot 0,461 + 0,435 + 0,269 \cdot 0,598 + 0,078 \cdot 0,404 + \\ + 0,195 \cdot 0,550 + 0,127 \cdot 0,531 = 0,512.$$

На рис. 2 представлены уровни организации функций управления по отдельным показателям (заштрихованная область), а в табл. 2 аналитико-диагностическая матрица организационных резервов и источников повышения эффективности управления научными исследованиями и разработками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вимберг Г. П., Кондратюк В. И. и др. Методика комплексной оценки эффективности научно-исследовательских работ в области гидрометеорологии и контроля природной среды. — Л.: Изд. ГГО, 1987, с. 112—153.

ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ И АНАЛИЗА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В НАУЧНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

Эффективность работы научных учреждений и их структурных подразделений в большой степени зависит от производительности научного труда, оцениваемой отношением суммарного объема научной продукции к среднесписочной численности работников, участвовавших в выработке этой продукции, т. е.

$$\Pi = \frac{\sum Q_i}{\text{Ч}}, \quad (1)$$

где Q_i – количество научной продукции i -го вида; Ч – среднесписочная численность работников научных, научно-вспомогательных и обеспечивающих подразделений, принимавших участие в производстве научной продукции.

При этом в качестве научной продукции рассматриваются результаты исследований (разработок), оформленные в виде отчетов, нормативно-технической документации или комплектов технической (конструкторской, проектной, технологической и т. п.) документации, а также опытные образцы, изготовленные по этой документации.

В научных учреждениях Госкомгидромета СССР виды научной продукции дифференцируются по классификационным группам выполняемых НИОКР и представляются в следующих основных формах:

а) для фундаментальных и поисковых НИР (удельный вес продукции фундаментальных и поисковых исследований в общем объеме научной продукции Госкомгидромета СССР составляет 16 %)

– новые научные данные о гидрометеорологических явлениях, процессах и закономерностях, новые теории, методы и принципы исследований в области гидрометеорологии и контроля загрязнения атмосферы;

– новые или усовершенствованные методы (способы) прогнозов и расчетов (метеорологических, гелиографических, климатологических, агрометеорологических, опасных явлений погоды, загрязнения атмосферы, специальных и т. д.);

– новые и усовершенствованные методы (способы) контроля загрязнения природной среды, получения, обработки и представления гидрометеорологической, климатической, геофизической и др. информации;

– научные публикации материалов исследований в виде монографий.

б) для прикладных НИР, не связанных с разработкой новой техники (удельный вес научной продукции составляет 72 %)

– новые или усовершенствованные виды гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства, партийных и советских органов (новые или более качественные прогнозы всех видов, режимно-справочные материалы, климатические описания, кадастры, атласы, ежегодники, справки по заказам, потребителей и т. п.);

– методическое и нормативно-техническое обеспечение отраслей народного хозяйства, организаций и учреждений Госкомгидромета (методики, методические указания, руководства, инструкции, положения, наставления, нормы и нормативы, разделы СНиПов, ГОСТы, СТП и т. п.);

– новые способы организации наблюдений и контроля состояния природной среды, новая технология сбора, обработки, хранения и распространения гидрометеорологической информации;

– алгоритмы и программы для ЭВМ, сдаваемые в ФАП или ОФАП, математическое обеспечение банков данных, АСУ, АСПР и т. д.;

– научные публикации в виде монографий, учебников, статей, информационных обзоров;

– макеты и экспериментальные образцы, испытательные стенды, экспериментальные (лабораторные) установки, несерийные образцы средств автоматизации эксперимента.

в) для ОКР новой техники Госкомгидромета СССР (удельный вес продукции ОКР составляет 12 %)

– техническая документация по ЕСКД (ТЗ, ТУ, ТП, эскизный, технический и рабочий проекты, комплекты чертежей, программы и методика испытаний);

– опытные образцы технических средств автоматизированных систем измерений гидрометеорологических величин, контроля состояния среды, обработки информации, банков данных;

– опытные образцы и опытно-промышленные партии изделий новой техники, средства их испытаний, поверки и метрологической аттестации.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что практически вся продукция научных учреждений Госкомгидромета имеет конкретные натуральные измерители (может быть измерена в количестве методов, способов, моделей, алгоритмов, программ, расчетов, таблиц данных и т. п.). При этом производительность научного труда можно определить количеством натуральных единиц научной продукции, произведенных за определенный интервал времени, т. е.

$$\Pi = \frac{\sum_i Q_i}{T} \quad (2)$$

Однако при таком способе расчета производительности труда возникают непреодолимые трудности в идентификации конкретных единиц научной продукции с показателями затрат трудовых, материальных и финансовых ресурсов, израсходованных на ее получение.

Действующая в научных учреждениях система учета локализирует затраты только в масштабах научно-исследовательской темы (работы). Поэтому за единицу научной продукции при расчете производительности труда целесообразно принять тему, в которой за период оценки получены конкретные, готовые к внедрению результаты. Темы, не имеющие в оцениваемом периоде конечных результатов, из расчета исключаются и должны быть учтены в следующем календарном периоде. Такое ограничение обусловлено особенностью формирования научной продукции в системе Госкомгидромета СССР.

Средняя длительность темы в научных учреждениях Госкомгидромета составляет 3,5 года, из них: 24 % имеют длительность два года, 34 % – три года, 7 % – четыре года и 35 % – пять лет. Поэтому основная номенклатура научной продукции формируется с периодичностью 2–3 года и 5 лет.

Кроме того, с целью обеспечения сопоставимости оценок производительности труда по годам оцениваемого периода необходимо:

- 1) все расчеты производить по отношению к единой базе (эталону);
- 2) осуществить учет качества научной продукции, эффекта от ее реализации, затрат ресурсов и трудоемкости продукции путем введения соответствующих индексов.

В качестве базовых значений показателей научной продукции целесообразно принять их нормативные значения, полученные как средние арифметические за ряд предшествующих лет.

При этих условиях, как показано в [1], производительность труда можно определить по формуле

$$\Pi = \frac{N_t \Pi_j I_{jt}}{Ч_t} \quad (3)$$

где N_t – количество научных тем в году t , по которым получена продукция, готовая к внедрению в народное хозяйство; I_{jt} – индекс j -го показателя научной продукции в году t ; $Ч_t$ – средняя численность работников, участвовавших в создании научной продукции в году t .

Индексы I_{jt} показателей научной продукции определяются как

отношение фактических значений показателей в оцениваемом календарном периоде к их нормативным значениям.

Приведем индексы показателей, использующихся при расчете производительности труда.

1. Индексы, характеризующие ресурсное обеспечение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

$I_{1t} = T_{\phi t} / T_n$ — индекс средней трудоемкости темы;

$I_{2t} = W_{\phi t} / W_n$ — индекс технической вооруженности труда;

$I_{3t} = \Pi_{\text{кв.}\phi t} / \Pi_{\text{кв.н}}$ — индекс уровня квалификации исполнителей,

где $T_{\phi t}$, $W_{\phi t}$, $\Pi_{\text{кв.}\phi t}$ — фактические значения показателей трудоемкости темы, технической вооруженности труда и квалификационного уровня исполнителей в анализируемом периоде t ; T_n , W_n и $\Pi_{\text{кв.н}}$ — их нормативные значения.

Уровень квалификации исполнителей $\Pi_{\text{кв.}\phi t}$ в анализируемом периоде t рассчитывается по формуле

$$\Pi_{\text{кв.}\phi t} = \frac{N_{\text{дт}} + 0,6N_{\text{кт}} + 0,3(N_{\text{мнст}} + N_{\text{снст}}) + 0,22N_{\text{ост } t}}{q}, \quad (4)$$

где $N_{\text{дт}}$, $N_{\text{кт}}$, $N_{\text{мнст}}$, $N_{\text{снст}}$, $N_{\text{ост } t}$ — количество докторов, кандидатов наук, младших и старших научных сотрудников, не имеющих ученой степени, и остальных категорий работников, участвовавших в создании научной продукции календарного периода t .

2. Индексы, характеризующие количество и качество научной продукции

$I_{4t} = \Pi_{\text{инф.}\phi t} / \Pi_{\text{инф.н}}$ — индекс количества информационной продукции (в соответствии с выше рассмотренной номенклатурой);

$I_{5t} = K_{\phi t} / K_n$ — индекс качества научной продукции;

$I_{6t} = I_{\phi t} / I_n$ — индекс защищенности научной продукции изобретениями и патентами;

$I_{7t} = V_{\phi t} N_{\phi t} / V_n N_n$ — индекс защищенности научной продукции наградами на выставках и премиями (Ленинской, Государственной, СМ СССР, АН СССР, именными и др.),

где $\Pi_{\text{инф.}\phi t}$ — количество номенклатурных единиц научной продукции в оцениваемом периоде; $K_{\phi t}$ — удельный вес научной продукции, соответствующий по уровню качества высшим зарубежным и отечественным научно-техническим достижениям; $I_{\phi t}$ — удельный вес научной продукции, защищенной изобретениями и патентами; $V_{\phi t}$, $N_{\phi t}$ —

Таблица 1

**Динамика показателей, характеризующих производительность
научного труда в институте (данные условные)**

Показатель	Нормативное значение на XI пятилетку	Базовый 1980		1981		1982		1983		1984		1985	
		значе- ние	индекс	значе- ние	индекс	значе- ние	индекс	значе- ние	индекс	значе- ние	индекс	значе- ние	индекс
Количество тем	98	98	—	75	—	81	—	79	—	72	—	72	—
Средняя трудоемкость темы, чел. · мес	112	114	1,02	147	1,31	136	1,21	126	1,12	138	1,23	140	1,25
Техническая вооруженность труда, тыс. руб./чел.	12,7	12,9	1,02	13,1	1,03	13,3	1,03	13,6	1,07	13,9	1,09	14,1	1,11
Количество внедренных результатов	41	41	1,00	40	0,98	42	1,02	41	1,00	44	1,07	40	0,98
Экономический эффект от внедрения НИОКР, млн. руб.	30,3	30,9	1,02	27,0	0,89	31,2	1,03	27,5	0,91	33,4	1,10	34,0	1,10
Количество публикаций по результатам НИОКР	450	480	1,07	421	0,94	488	1,08	456	1,01	338	0,75	400	0,89
Количество изобретений по результатам НИОКР	31	32	1,03	32	1,03	33	1,06	35	1,13	35	1,13	34	1,09
Количество наград по результатам НИОКР	14	13	0,93	18	1,29	13	0,93	17	1,21	17	1,21	18	1,28
Уровень качества НИОКР	0,61	0,66	1,08	0,66	1,08	0,68	1,11	0,71	1,16	0,73	1,20	0,73	1,20
Уровень квалификации исполнителей НИОКР	0,34	0,35	1,03	0,35	1,03	0,35	1,03	0,35	1,03	0,36	1,06	0,36	1,06
Среднечисловая численность работников, чел.	992	995	—	1002	—	973	—	908	—	906	—	903	—

Нормативный коэффициент приведения показателей к эталону $K_{Ht} = \Pi I_{jt}$	—	1,21	—	1,64	1,62	1,80	2,06	2,34
Нормативный объем выпол- ненных работ, число приведен- ных тем $N_{tj} \Pi I_{jt}$	118		123		131	142	148	168
Производительность труда, число приведенных тем/чел $N_{tj} \Pi I_{jt} / 4$	0,119		0,123		0,135	0,156	0,163	0,186
Прирост производительности труда, % по отношению к базовому 1980 г.	—		3,4		13,4	31,1	37,0	56,3
по отношению к предыдущему году	—		3,4		9,8	15,5	4,5	14,1

удельный вес научной продукции, защищенной наградами и премиями;

$$I_{8t} = \frac{\vartheta_{\text{фт}}}{\vartheta_{\text{н}}} - \text{индекс эффективности научной продукции, равный}$$

отношению фактического (расчетно-фактического) экономического эффекта, полученного от использования продукции в народном хозяйстве в оцениваемый период, к нормативному значению эффекта.

В целях проверки рассмотренных методических положений произведен расчет динамики производительности труда в институте для одиннадцатой пятилетки. Расчет производился по исходным данным табл. 1 (данные условные). Нормативные значения показателей (графа 2 табл. 1) определялись как средние арифметические за 1970–1980 гг.

Из анализа полученных данных следует, что производительность труда в институте за годы XI пятилетки возросла по сравнению с базовым 1980 г. на 56,3 % (среднегодовой темп роста производительности труда – 9,5 %).

Вместе с тем из данных табл. 1 следует, что за годы XI пятилетки уровень эффективности НИОКР был ниже эталонного на 0,3 млн. руб.

$\left(\frac{27 + 37,2 + 27,5 + 33,4 + 34,0}{5} = 30,6 < 30,9 \right)$, индексы этого показателя за 1981 г. и 1983 г. составляют соответственно 0,89 и 0,91.

За анализируемый период был недостаточным и прирост производительности труда за счет роста публикаций индекс показателя в 1981 г. составляет 0,94; 1984 г. – 0,75; 1985 г. – 0,89. Практически отсутствует рост производительности труда за счет увеличения объема внедрения результатов НИОКР в народное хозяйство. Слабое влияние на прирост производительности труда оказывает рост квалификационного уровня исполнителей (индекс показателя по сравнению с базовым годом изменяется только на 2 %).

Приведенные данные позволяют сделать вывод о том, что в институте имеются значительные резервы повышения производительности труда. Поэтому требуется проведение комплекса мероприятий, направленных на улучшение рассмотренных показателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экономика производственных исследований. – Л.: Изд. ЛГУ, 1982. – 222 с.

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ СТОИМОСТНЫХ ЗАТРАТ НА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИЕ РАБОТЫ (НА ПРИМЕРЕ ААНИИ)

Одним из условий повышения эффективности научных исследований является рациональное использование материальных средств на их проведение. Это важное условие отражено и в материалах XXVII съезда КПСС.

Для обеспечения четкого планирования и контроля за расходованием материальных средств при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) возрастает роль и значение технико-экономических нормативов, которые являются основой для создания базы оптимального планирования необходимых средств на выполнение НИОКР, контроля и анализа деятельности научных учреждений. Обоснованные технико-экономические нормативы позволяют также обеспечить разработку эффективной системы материального стимулирования, построить более рациональную структуру управления НИОКР и перераспределение материальных средств с учетом перспективности научных направлений.

При разработке технико-экономических нормативов следует иметь в виду, что на стадии планирования НИОКР ожидаемые материальные затраты являются прогнозом, а после утверждения плана — директивной [1].

В системе управления исследованиями и разработками особое место занимают нормативы трудовых затрат. Учитывая специфику научных исследований, трудоемкость выполнения НИОКР является одним из факторов, влияющим как на величину затрат, так и на отдельные ее элементы.

В Арктическом и Антарктическом научно-исследовательском институте (ААНИИ) в 1985 г. было выполнено исследование по разработке технико-экономических нормативов стоимостных затрат на проведение НИОКР в рамках деятельности этого института.

В основу разработки положен опытно-статистический метод (метод сравнения фактических затрат), который позволяет определять затраты на планируемые научные темы посредством анализа статистических данных по ранее выполненным исследованиям.

Разработка нормативных показателей предусматривала выполнение ряда этапов анализа исходного материала.

Все НИОКР ААНИИ за период XI пятилетки были разделены по

Таблица 1

**Распределение НИОКР ААНИИ по уровню научной значимости
и проблемам исследований (% от общего числа работ)**

Группа НИОКР	Научная проблема							% к общему числу
	I	II	III	V	VI	VII	VIII	
Фундаментальные	12	—	—	—	3	—	—	15
Прикладные	25	1	18	16	4	3	9	76
Опытно-конструкторские	—	—	—	9	—	—	—	9
Всего	37	1	18	25	7	3	9	100

уровню научной значимости на три группы: фундаментальные, прикладные и опытно-конструкторские.

Было выявлено, что из общего числа НИОКР 15 % приходится на фундаментальные исследования, 76 % — на прикладные и 9 % — на опытно-конструкторские работы. Полученное соотношение не противоречит результатам проведенного анализа состава НИОКР ААНИИ за X пятилетку.

НИОКР каждой классификационной группы были рассмотрены по научным проблемам и направлениям исследований.

Весь комплекс НИОКР ААНИИ включает семь научных проблем (табл. 1.).

Наибольший удельный вес (37 % от всех НИОКР) занимают исследования по первой проблеме. Фундаментальные исследования по этой проблеме связаны с разработкой теории и установлением количественных характеристик процессов в океане, а также с исследованием процессов взаимодействия океана и атмосферы. Прикладные работы первой проблемы направлены на разработку прогнозов погоды, состояния океанов и морей, морских устьев рек, гелиогеофизических процессов.

Исследования по третьей проблеме (18 % общего числа НИОКР) направлены на оценку климатических и водных ресурсов, разработку специализированных пособий, создание режимно-справочных и нормативных изданий для народного хозяйства.

Исследования по пятой проблеме (25 % общего числа НИОКР) направлены на создание и развитие государственной системы наблюдений и контроля природной среды.

Исследования по другим проблемам (20 % общего числа НИОКР) направлены на изучение механизмов загрязнения и его влияния на внешнюю среду, разработку системы мониторинга, методов оценки

возможных изменений климата, а также на оценку эффективности и другие разделы работ Госкомгидромета СССР.

Стоимостные затраты и трудоемкость выполнения НИОКР были систематизированы по указанным классификационным группам, проблемам и направлениям исследований.

Выполненный анализ показал, что стоимость и трудоемкость выполнения фундаментальных исследований составляет более 20 %, прикладных – более 70 % и опытно-конструкторских работ – около 8 % от общих затрат на НИОКР. Такое соотношение не соответствует существующему представлению о распределении затрат на исследования указанных групп [2]. Это объясняется спецификой исследований, про-

Таблица 2

**Нормативы стоимостных затрат
на выполнение НИОКР ААНИИ**

Функциональная группа и основное направление исследований	Затраты в условных единицах ¹		
	прямые (без экспедиций)	на экспедиции	
		научно-иссле- довательские суда	прочие экс- педиции („Се- вер”, „Север- ный полос”)
I. Фундаментальные НИР (среднее значение)	1,00	4,10	2,30
в том числе:			
создание теории и установление коли- чественных характеристик процессов в океане	1,00	4,20	2,30
II. Прикладные НИР (среднее значение)	1,20	1,60	1,80
в том числе:			
разработка методов прогнозов погоды, состояния океанов, морей, морских устьев рек и гелиогеофизических процессов	1,22	1,20	1,1
оценка климатических и водных ресур- сов, оценка влияния на хозяйственную деятельность изменения гидрометеоро- логических процессов	1,35	0,60	1,1
разработка развития государственной системы наблюдений и контроля при- родной среды	1,03	3,00	3,2
Опытно-конструкторские работы	0,85	0,90	0,40

¹ – за единицу стоимостных затрат условно приняты прямые затраты на выполнение фундаментальных исследований.

Таблица 3

Нормативы трудоемкости на выполнение НИОКР ААНИИ

Функциональная группа и основное направление исследований	Трудоемкость (человеко-месяцев)						
	всего	в том числе					
		с. н. с.	м. н. с.	ст. инженер	инженер	ст. техник	техник
Фундаментальные НИР (среднее значение)	95	18	45	5	20	5	2
Прикладные НИР в том числе:							
разработка методов прогнозов погоды, состояния океанов, морей, морских устьев рек и геолого-физических процессов;	48	14	15	6	9	3	1
оценка климатических и водных ресурсов, разработка методов расчетов, оценка влияния на хозяйственную деятельность изменения гидрометеорологических процессов;	68	15	16	10	20	4	3
разработка развития государственной системы наблюдений и контроля природной среды	31	4	8	9	8	1	1
Среднее	49	11	13	8	12	3	2
Опытно-конструкторские работы	28	3	10	6	8	1	—

водимых в ААНИИ, которая заключается в том, что выполнение начального этапа исследований (сбор натурного материала) по ряду проблем связано с проведением дорогостоящих экспедиций: „Северный Полюс“, „Север“, экспедиции на научно-исследовательских судах и ряд других.

Результаты анализа стоимостных затрат на выполнение НИОКР

явились основой для разработки соответствующих нормативов. Нормативы экспедиционных затрат определялись посредством оценки долевого выполнения программы работ в конкретной экспедиции по той или иной теме. Фактические расходы по экспедиции учитывались пропорционально сметной стоимости той НИОКР, для которой непосредственно производили сбор исходной информации.

Учитывая своеобразный характер таких экспедиций, как „Северный Полюс” и „Север”, фактические расходы по этим экспедициям относились на конкретные НИОКР пропорционально количеству участвующих в них исполнителей.

Разработанные нормативы стоимостных затрат (табл. 2) могут быть использованы в качестве исходных данных при планировании средств на проведение аналогичных исследований с учетом проведения соответствующих экспедиционных работ.

Исследование отдельных элементов трудозатрат и их структура составляют важную часть анализа необходимой трудоемкости на выполнение НИОКР. По этой причине была проведена классификация трудозатрат в соответствии с научной и инженерно-технической квалификацией работников, занятых выполнением НИОКР.

По научному составу выделялись старшие и младшие научные сотрудники, по инженерно-техническому — старшие инженеры, инженеры, старшие техники и техники.

В результате обработки и анализа сметных данных по трудоемкости за период XI пятилетки были определены средние их значения с учетом уровня и направления исследований, а также квалификации работников (табл. 3).

Таким образом было получено, что в зависимости от уровня выполняемой НИР отмечается определенное различие необходимых трудозатрат как по научному, так и по инженерному составу.

Полученные показатели следует рассматривать как ориентировочные нормативы трудоемкости выполнения одной НИОКР (или отдельного этапа) при годовом планировании.

По мере накопления сравнительных данных о фактических стоимостных, трудовых и других затратах, представленные нормативы могут быть существенно дополнены и уточнены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лахтин Г. А. Тактика науки. — Новосибирск: Наука, 1969. — 250 с.
2. Эффективность научных исследований. — М.: Прогресс, 1963. — 198 с.

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЗНАЧИМОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЙ

Оценка значимости технических решений (в том числе изобретений) очень важна при проведении патентных исследований на всех стадиях „жизненного” цикла объекта техники, а также для качественного анализа изобретательской деятельности научно-исследовательских учреждений и отдельных изобретателей; планирования внедрения изобретений; отбора изобретений для зарубежного патентования; определения авторского вознаграждения и т. п.

Как правило, ценность технического решения ассоциируется с крупным народнохозяйственным эффектом, поэтому в общем случае под значимостью изобретения понимается степень его влияния на народное хозяйство и научно-технический прогресс.

Полная оценка значимости возможна при учете комплекса факторов, отражающих экономические, научно-технические и социально-политические последствия использования изобретения.

Наиболее распространенным показателем значимости изобретения считают экономический эффект от его использования в народном хозяйстве, определяемый в соответствии с методикой [1].

Однако не по всем изобретениям, внедренным в народное хозяйство, может быть рассчитан экономический эффект. К ним относятся изобретения, не создающие экономии, положительный эффект которых проявляется в социальных результатах: улучшении условий труда, повышении техники безопасности и т. д.

Поэтому в качестве показателя значимости изобретения может быть выбран не только экономический эффект, а, например, произведение коэффициентов из формулы для определения размера вознаграждения за изобретения, не создающие экономии [2]

$$З = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4, \quad (1)$$

где $З$ — значимость изобретения; K_1 — коэффициент достигнутого положительного эффекта; K_2 — коэффициент объема использования; K_3 — коэффициент сложности решенной технической задачи; K_4 — коэффициент существенных отличий.

Недостатком такого показателя значимости является то, что он не пригоден для определения значимости изобретений, которые еще не получили использования в народном хозяйстве, кроме того, из-за невозможности определения значения K_1 и K_2 по этому показателю нельзя оценить значимость зарубежных изобретений.

Если понимать под технической значимостью изобретения степень

его влияния на научно-технический прогресс, определяемую комплексом факторов научно-технического содержания, то произведение коэффициентов K_3 и K_4 можно рассматривать как показатель технической значимости ($K_{тз}$):

$$K_{тз} = K_3 \times K_4, \quad (2)$$

$K_{тз}$ может быть использован для предварительной оценки значимости любого изобретения (как отечественного, так и зарубежного, как создающего, так и не создающего экономии) независимо от степени его использования в народном хозяйстве.

Рассмотрим подробнее смысл коэффициентов K_3 и K_4 .

Коэффициент K_3 определяется по табл. 1 [2].

Коэффициент K_3 должен характеризовать сложность решенной технической задачи, однако из табл. 1 видно, что он характеризует не сложность самой решенной задачи, а сложность объекта, к которому относится изобретение, что не является равносильным.

Известны, что вопрос об объекте изобретения является не техническим, а чисто правовым. Так, в [3] сказано: „Понятие „целое” и „часть” являются понятиями соотносительными. Любая составная часть целого является в то же время целым по отношению к составляющим ее частям. Поэтому заявки могут быть поданы для экспертизы на целое как на систему, так и на ее отдельные части”. Таким образом, можно, не меняя сущности изобретения, повышать сложность решенной технической задачи (K_3) только путем соответствующего оформления заявки.

Поэтому применение K_3 для характеристики сложности решенной технической задачи нельзя считать оправданным.

Коэффициент K_4 определяется по табл. 2 [2].

Из табл. 2 видно, что коэффициент существенных отличий характеризует новизну технического решения, опираясь, главным образом, на количественные соотношения между признаками изобретения и его прототипа. Качественная же сторона новизны не учитывается. По этой причине использование коэффициента K_4 для характеристики новизны изобретения требует его уточнения.

Указанные недостатки, связанные с последовательностью определения коэффициентов K_3 и K_4 , вызывают необходимость разработки другого, более соответствующего природе изобретения способа определения показателя технической значимости $K_{тз}$.

Известно, что „формула изобретения, как правило, должна состоять из следующих частей – ограничительной, включающей призна-

Таблица 1

Коэффициент сложности решенной технической задачи K_3

Сложность решенной технической задачи	K_3
1. Конструкция одной простой детали; изменение одного параметра простого процесса; одной операции процесса; одного ингредиента рецептуры и т. п.	1,0
2. Конструкция сложной или сборной детали; конструкция неосновного узла; механизма; изменение двух и более неосновных параметров процессов; изменение двух и более неосновных операций технологических процессов; изменение двух и более неосновных ингредиентов рецептуры.	1,5
3. Конструкция одного основного узла или нескольких неосновных улов машин; механизмов; часть (неосновных) процессов; часть (неосновная) рецептуры и т. п.	2,0
4. Конструкция нескольких основных узлов; основные процессы технологии; часть (основная) рецептуры и т. п.	2,5
5. Конструкция машины; прибора; станка; аппарата; сооружения технологические процессы; рецептуры и т. п.	3,5
6. Конструкция машины; станка; прибора; аппарата; сооружения со сложной кинематикой; аппаратурой контроля; с радиоэлектронной схемой; конструкция силовых машин; двигателей; агрегатов; комплексные технологические процессы; сложные рецептуры и т. п.	4,5
7. Конструкция машины; аппарата; сооружения со сложной системой контроля; автоматических поточных линий, состоящих из новых видов оборудования; системы управления и регулирования; сложные комплексные технологические процессы; рецептуры особой сложности и т. п.	5,5
8. Конструкция, технологические процессы и рецептуры особой сложности, главным образом относящиеся к новым разделам науки и техники	6,25

Таблица 2

Коэффициент существенных отличий K_4

Существенное отличие	K_4
1. Изобретение, заключающееся в применении известных средств	1,25
2. Изобретение, заключающееся в новой совокупности известных технических решений, создающих новый положительный эффект	1,5
3. Изобретение, имеющее прототип, совпадающий с новым решением по большинству основных признаков	2,0
4. Изобретение, имеющее прототип, совпадающий с новым решением по половине основных признаков	2,5
5. Изобретение, имеющее прототип, совпадающий с новым решением по меньшинству основных признаков	3,0
6. Изобретение, характеризующееся совокупностью существенных отличий, не имеющее прототипа	4,0

ки, общие для предлагаемого объекта изобретения и прототипа; отличительной, включающей признаки, которые отличают объект изобретения от прототипа (т. е. новые признаки), „причем в” отличительную часть формулы включаются новые существенные признаки объекта изобретения – существенные отличия от прототипа, „кроме того” формула изобретения должна отображать техническое решение задачи” [3]. Поэтому предлагается определять показатель технической значимости изобретения исходя из его формулы по ее отличительной части. Для этого вводится понятие экспертного показателя технической значимости

$$K_{\text{тзз}} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \omega_i), \quad (3)$$

где $K_{\text{тзз}}$ – экспертный показатель технической значимости; ω_i – значение веса i -го признака из отличительной части формулы; n – количество признаков в отличительной части формулы изобретения.

Для изобретения с многозвенной формулой $K_{\text{тзз}}$ определится следующим образом:

$$K_{\text{тзз}} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \omega_i) \times \prod_{j=1}^m (1 - \omega_j), \quad (4)$$

где ω_j – значение веса j -го признака из отличительной части дополнительного пункта (пунктов) многозвенной формулы, $\omega_j = 0,2\omega_i$ – для соответствующего признака, m – количество признаков в отличительной части дополнительного пункта (пунктов) многозвенной формулы.

В формулах (3) и (4) значение весов признаков определено экспертным путем с помощью метода расстановки приоритетов [4]. Известно, что методом расстановки приоритетов (МРП) можно упорядочить объекты по какому-либо критерию и дать количественную оценку степени выраженности данного критерия. Если в качестве критерия выбрать влияние существенного признака изобретения на повышение его технической значимости, то МРП дает следующие распределения значений весов признаков для различных объектов изобретений (табл. 3–5).

В заключение приведем пример расчета экспертного показателя технической значимости по формуле (3).

Изобретение № 1165900 „Импульсный нефелометр”, авторы В. Н. Аднашкин и Р. А. Круглов.

Формула изобретения. Импульсный нефелометр, содержащий источник световых импульсов и фотопреобразователь, связанные через оптическую схему, накопительный конденсатор, к входу которого

Таблица 3

**Вес признаков изобретений, объектом которых
является устройство**

Признак устройства	Вес признака
1. Новая совокупность конструктивных элементов, выражающаяся в наличии детали (деталей) или узла (узлов), новых в сравнении с прототипом и находящихся во взаимосвязи с другими (другим) узлами либо деталями объекта (Y_1)	0,242
2. Форма выполнения любой детали, любого узла, в частности геометрическая форма, если она воплощает в себе техническую сущность, а не эстетическую сторону решения задачи (Y_2)	0,164
3. Взаимное расположение деталей и (или) узлов (Y_3)	0,151
4. Форма выполнения связей (Y_4)	0,208
5. Соотношение размеров и других параметров детали, либо узла, либо самого объекта изобретения, если оно не является результатом расчета по известной зависимости (Y_5)	0,111
6. Материал, из которого выполнена деталь (детали), либо узел (узлы) либо в целом объект изобретений (Y_6)	0,125

подключен фотопреобразователь, а к выходу — один вход сравнивающего устройства, другой вход которого подключен к источнику опорного напряжения, отличающийся тем, что, с целью линейаризации выходного электрического сигнала относительно метеорологической дальности видимости и повышения помехоустойчивости, в него введены разрядный ключ и счетчик импульсов, один вход которого соеди-

Таблица 4

**Вес признаков изобретений, объектом которых
является способ**

Признак способа	Вес признака
1. Наличие действия или совокупности действий (C_1)	0,347
2. Порядок (последовательность, одновременность, различные сочетания и т. п.) выполнения действия во времени (C_2)	0,215
3. Условия, обеспечивающие возможность протекания того или иного действия из числа существенных действий, совокупность которых составляет данный способ (C_3). К таким условиям относятся: режим (...); параметры (...) и иные характеристики действий, составляющих способ	0,249
4. Использование определенных устройств (приспособлений, инструментов, оборудования и т. д.), без которых невозможно выполнение того или иного действия, входящего в способ (C_4)	0,189

Таблица 5

**Вес признаков изобретений, объектом которых
является вещество**

Признак вещества	Вес признака
1. Сочетание новых для данного вещества ингредиентов и количественное их содержание (для растворов, сплавов, стекол, смесей и т. п.) (B_1)	0,286
2. Добавление в известное сочетание нового (новых) ингредиента и измененный количественный состав (B_2)	0,178
3. Замена одного или более ингредиентов в составе вещества другими и количественный состав вещества (B_3)	0,220
4. Новое количественное соотношение ингредиентов без изменения качественного состава (B_4)	0,120
5. Новая структура одного или нескольких ингредиентов без изменений качественного и количественного состава вещества или с одновременным их изменением (B_5)	0,197

нен с источником световых импульсов, а другой вход — с выходом сравнивающего устройства и с управляющим входом разрядного ключа, выход которого подключен к накопительному конденсатору, причем выход счетчика импульсов является выходом нефелометра.

Порядок определения веса признаков данного изобретения представлен в табл. 6.

Тогда, подставляя данные табл. 6 в формулу (4) получим

$$K_{\text{тзз}} = 1 - (1 - 0,242)(1 - 0,151) = 0,356.$$

Полученный экспертный показатель технической значимости ($K_{\text{тзз}}$) дает количественное значение технической значимости изобретения (чем больше $K_{\text{тзз}}$, тем выше значимость), что позволяет проводить сравнительную оценку изобретений, которая может быть использова-

Таблица 6

Признак	Признак (по табл. 3)	Вес признака (по табл. 3)
1. . . в него введены разрядный ключ и счетчик импульсов . . .	Y_1	0,242
2. . . , один вход которого соединен с источником световых импульсов, а другой вход — с выходом сравнивающего устройства . . . , причем выход счетчика импульсов является выходом нефелометра	Y_3	0,151

на, например, для отбора наиболее ценных изобретений при проведении патентных исследований и при планировании внедрения изобретений.

В отсутствие показателей, характеризующих другие факторы, влияющие на полную значимость $K_{тз}$, может быть использован для предварительной оценки полной значимости изобретений, при этом, по сравнению с показателем технической значимости, определяемым по формуле (2) показатель $K_{тз}$ более объективно характеризует как сложность решенной технической задачи, так и существенность, ее отличий от прототипа.

Применение показателя $K_{тз}$ имеет следующие недостатки:

- изобретения, относящиеся к различным объектам (устройствам, способам, веществам) нельзя сравнивать между собой по экспертному показателю технической значимости;
- нельзя определить $K_{тз}$ для изобретений на новое применение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. — М., 1981. — 43 с.
2. Инструкция по определению размера вознаграждения за изобретения и рационализаторские предложения, не создающие экономии. — М., 1975. — 15 с.
3. Инструкция по государственной научно-технической экспертизе изобретений (ЭЗ-2-74). — М.: ВНИИПИ, 1982. — 75 с.
4. Блюмберг В. А., Глуценко В. Ф. Какое решение лучше? Метод расстановки приоритетов. — Л.: Лениздат, 1982. — 160 с.

ЗАДАЧИ И ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ РЕЖИМНО-СПРАВОЧНОГО БАНКА ДАННЫХ „АКТИНОМЕТРИЯ. МИРОВАЯ СЕТЬ”

Цель создания банка

Работы по созданию банка данных „Актинометрия. Мировая сеть” были начаты в 1983 г. в ГГО отделом международных научных программ и продолжены методическим отделом в связи с новыми требованиями к деятельности Мирового центра радиационных данных (МЦРД).

ГГО осуществляет сбор данных измерений мировой актинометрической сети с 1964 г. и публикует их в ежемесячниках „Солнечная радиация и радиационный баланс (мировая сеть)” [1].

В централизованной системе сбора участвует более 70 стран мира. Возросшая за последние годы заинтересованность в данных по солнечной радиации обусловлена широким кругом научных и прикладных задач, выполняемых по инициативе ВМО в рамках Всемирной климатической программы и ряда других международных программ и проектов, что, в свою очередь, определяет новые требования к системе централизованного сбора, архивации и распространения радиационных данных, предполагающие расширение состава данных, направляемых в МРЦД (по возможности в виде часовых сумм), обработку и архивацию данных в МЦРД на базе современной вычислительной техники, автоматизированную систему публикации данных, а также предоставление их потребителям на магнитных лентах.

Эти требования сформулированы специальным совещанием экспертов ВМО и МАМФА, посвященным будущей деятельности Мирового центра радиационных данных [2] и утверждены Резолюцией 6, принятой 26-й сессией Исполнительного Совета ВМО „Международный сбор и публикация радиационных данных” [3].

Выполнение новых требований может быть обеспечено средствами современного банка данных, предназначенного для обработки больших массивов текущей и накопленной информации, представляющего собой „организационно-технический комплекс, включающий собственн хранимые данные, размещенные на машинных носителях и организованные по единому плану (информационная база), а также технические, программные и языковые средства хранения, управления и обработки данных...” [5].

Поскольку к моменту начала работ по созданию банка данных „Актинометрия. Мировая сеть” в системе Госкомгидромета СССР под

научно-методическим руководством ВНИИГМИ-МЦД было начато создание единой автоматизированной системы хранения информации о состоянии природной среды на базе ЭВМ ЕС, банк „Актинометрия. Мировая сеть” строился как конкретный режимно-справочный банк данных (РСБД), входящий в эту систему. В фундаментальных разработках ВНИИГМИ-МЦД [4–9 и др.] определены организационные, методические и технические принципы построения РСБД, создано основное программное обеспечение для работы с информационными базами банков в пакетном режиме. Для пользования основным программным обеспечением разработан язык описания данных (ЯОД), как средство формализованного описания структуры конкретной информации в системе внутреннего хранения и определены организационные и методические основы функционирования РСБД. Банк данных „Актинометрия. Мировая сеть” ориентирован на эти разработки как на этапе его создания, так и на этапе дальнейшего выполнения задач обслуживания.

Порядок работ по созданию РСБД системы Госкомгидромета СССР регламентирован „Общепромышленными руководящими методическими материалами по созданию банков данных в автоматизированных системах различного назначения (ОРММ)” [10], утвержденными постановлением ГКНТ № 334 от 06.08.82, а также „Типовым положением о режимно-справочных банках данных Госкомгидромета (ведение и обслуживание потребителей)” [11]. В соответствии с установленным порядком создание банка должно проходить следующие стадии:

- предпроектную, включающую разработку технико-экономического обоснования и технического задания;
- рабочего проектирования, включающего разработку технического и рабочего проектов, создание информационной базы и программного комплекса банка;
- ввод банка в опытную эксплуатацию;
- ввода банка в промышленную эксплуатацию.

В настоящее время работы по созданию банка „Актинометрия. Мировая сеть” находятся на стадии рабочего проектирования. Ввод банка в опытную и затем промышленную эксплуатацию планируется в течение 1989–1990 гг.

Предполагается, что потребителями банка будут советские и зарубежные научные и планирующие организации, относящиеся к метеорологическим службам и другим ведомствам, занимающиеся как научными исследованиями в области метеорологии и климатологии, так и вопросами использования солнечной радиации в различных сферах деятельности человека. К числу потребителей банка относятся

мировые, региональные и национальные центры данных, а также отдельные зарубежные ученые. Запросы содержат требования на текущие и режимные данные наблюдений для различных районов земного шара и периодов различной продолжительности, каталоги данных, стандартные статистические расчеты, специальные расчеты по массивам данных. Запросы на режимно-справочные материалы предполагается подавать как в табличном виде, так и на магнитных лентах.

Предоставление данных на магнитных лентах может требовать простого копирования данных на МЛ, формирования выборочных массивов, выполнения структурных преобразований данных на МЛ.

Информационный фонд и подготовка информационной базы банка

Банк данных „Актинометрия. Мировая сеть” создается на основе результатов наблюдений наземной мировой актинометрической сети, поступающих с различной степенью регулярности в МЦРД от разных стран мира, начиная с 1964 г. К ним относятся значения суточных сумм суммарной солнечной радиации (около 700 станций); часовые, суточные и месячные суммы радиационного баланса (около 100 станций); средние месячные значения суммарной радиации за часовые интервалы (по тем же 100 станциям); месячные суммы и средние месячные значения продолжительности солнечного сияния (около 700 станций).

Поступающие данные относятся только к части мировой актинометрической сети, которая по сведениям [12], насчитывает в настоящее время около 1400 оснащенных непрерывными автоматическими регистраторами наземных наблюдательных станций, измеряющих различные составляющие радиационного баланса. К их числу относятся 33 станции СССР, представляющие информацию в системе международного обмена.

Наблюдения за продолжительностью солнечного сияния в целом проводятся на 3670 станциях, относящихся к метеорологическим службам, Университетам и другим ведомствам.

Сеть станций весьма неравномерно распределена по земному шару; она имеет наибольшую плотность в Европе, Северной Америке, северной части Азии; мало освещены наблюдениями экваториальные, тропические и полярные области обоих полушарий, пустынные и горные территории, акватории Мирового океана.

Поступающая с сети информация комплектуется для публикации в соответствии с принятым в ВМО делением земного шара – по регионам, имеющим следующую нумерацию: I – Африка, II – Азия, III –

Южная Америка, IV – Северная и Центральная Америка, V – Океания и Австралия, VI – Европа.

Продолжительность накопленных рядов наблюдений для станций различных регионов не одинакова. Наиболее полная информация, как по количеству станций, так и по продолжительности рядов имеется для регионов I, II, IV, VI; наименее полная – для III и V, где для значительного количества станций имеются данные наблюдений лишь за 5 лет. Объем информации, накопленной в МЦРД к 1986 г., составляет $3,46 \cdot 10^7$ дес. зн.

При переходе на новую автоматизированную систему сбора, обработки и архивации радиационных данных в соответствии с [2, 3] предусматривается существенное расширение состава архивируемых величин (табл. 1). При этом, рекомендуется представлять суточные и часовые суммы радиационных величин, а для прямой солнечной радиации и спектральных характеристик – также мгновенные значения, измеряемые в сроки, предусмотренные программой наблюдений конкретных станций. Данные могут поступать как в табличном виде, так и на технических носителях (магнитные ленты, перфокарты) в согласованных обменных форматах, определяемых МЦРД.

Информационный фонд банка (накопленные и текущие данные) является источником формирования его информационной базы и ее регулярного пополнения. Поступление информации в более широком составе и более детальном временном разрешении, чем в настоящее время, ожидается в 1988–1989 г. Однако нельзя рассчитывать, что все национальные центры одновременно начнут представлять информацию в полном объеме. Стабилизация потока данных в соответствии с новыми требованиями будет происходить постепенно на протяжении ряда лет.

Информационная база – это данные, занесенные на стандартные технические носители, и оформленные в соответствии с внутренним форматом хранения. Для РСБД системы Госкомгидромета СССР – это файлы данных на МЛ ЕС, организованные в соответствии с требованиями языка описание данных, т. е. ЯОД-файлы и семейства ЯОД-файлов и файлы ЯОД – описаний их структуры.

Информационная база банка „Актинометрия. Мировая сеть” проектируется в виде отдельных архивов для радиационных величин, представленных в различных временных разрешениях, т. е. архива суточных сумм радиационных величин; архива часовых сумм; архива мгновенных значений прямой солнечной радиации (данные пока не поступают) и архива месячных сумм и средних месячных значений продолжительности солнечного сияния. Каждый архив представляет

Таблица 1

**Радиационные величины, собираемые и архивируемые в МПРД
в соответствии с новой технологией работы**

Название радиационной величины	Единицы представления	Временное разрешение	Количество станций мировой сети (по [12])
(А) Основные параметры 1-го приоритета			
Суммарная солнечная радиация	10^{-2} МДж $\cdot$ м $^{-2}$ = Дж $\cdot$ см $^{-2}$	часовые и суточные суммы	1430
Рассеянная радиация	"	"	218
Длинноволновое излучение атмосферы	"	"	7
Продолжительность солнечного	0,1	"	3670
(В) Параметры 2-го приоритета			
Прямая солнечная радиация на перпендикулярную поверхность	10^{-2} МДж $\cdot$ м $^{-2}$ = Дж $\cdot$ см $^{-2}$	часовые и суточные суммы	97
Прямая солнечная радиация на перпендикулярную поверхность	10^{-2} кВт $\cdot$ м $^{-2}$	мгновенные значения	100
Радиационный баланс подстилающей поверхности	10^{-2} МДж $\cdot$ м $^{-2}$ = Дж $\cdot$ см $^{-2}$	часовые и суточные суммы	114
Баланс длинноволновой радиации	"	"	1
Излучение подстилающей поверхности	"	"	1
Отраженная солнечная радиация	10^{-2} МДж $\cdot$ м $^{-2}$ = Дж $\cdot$ см $^{-2}$	"	74
(С) Параметры 3-го приоритета			
Спектральные радиационные компоненты (мгновенные потоки)	10^{-2} кВт $\cdot$ м $^{-2} \cdot$ нм $^{-1}$ по возможности		35

собой семейство годовых файлов, в которых последовательно располагается информация за 12 месяцев; данные каждого месяца включают информацию по всем станциям мировой сети, а данные каждой станции – набор всех радиационных величин, представленных в соответствующем временном разрешении. Совокупность информации по конкретным станциям должна заноситься на МЛ в последовательности регионов ВМО, для каждого региона – по странам (в алфавитном порядке), в каждой стране – в соответствии с координатами станций, в направлении с севера на юг, а при равенстве широт – с запада на восток.

В архивах часовых и суточных сумм файлы данных, накопленных с 1964 г. по год перехода на систему сбора информации в расширенном составе, будут содержать в виде часовых сумм только значения радиационного баланса, а в виде суточных сумм – только значения суммарной солнечной радиации.

Помимо файлов, содержащих радиационные величины, предусматривается создание файлов с данными поверочных характеристик приборов и описаний станций, которые должны поступать в МЦРД один раз в год.

Проектируемая структура архивов банка обусловлена ежемесячным поступлением данных в МЦРД. Это так называемая периодическая (квазисиноптическая) структура хранения. Создание архивов климатологического типа, представляющих собой временные ряды для конкретных станций, в настоящее время не предполагается. Однако по мере накопления информации за достаточно продолжительный период такие ряды могут быть получены путем структурных преобразований.

В каждом ЯОД-файле совокупность значений конкретной радиационной величины для одной станции за конкретный месяц представляет собой логическую запись, содержащую для ее идентификации на магнитной ленте ключевые параметры. В логических записях файлов радиационных величин таковыми являются: номер временного разрешения (код файла), год, месяц, синоптический индекс станции, широта, долгота, код радиационной величины.

Для файлов с поверочными характеристиками и сведениями по истории станций ключевыми элементами являются код файла, год, индекс станции. В соответствии с ЯОД – классификацией структурных элементов записей название файла является постоянным элементом записи, а все остальные признаки – регулярными ключевыми элементами.

В архивах внутреннего хранения информационной базы данные представляются в двоичном, а не символьном виде, что обеспечивает более экономный расход магнитной ленты.

Работа по созданию информационной базы банка развивается одновременно в двух направлениях, предполагающих: перевод на стандартные технические носители и формирование ЯОД-архивов накопленных данных; разработку автоматизированной системы пополнения банка текущими данными.

К моменту начала работ по созданию банка историческая информация находилась на различных носителях – магнитных лентах М-222, перфолентах, в таблицах. Перевод этих данных на МЛ ЕС потребовал разработки технологий и специальных программ применительно к каж-

дому из создаваемых архивов. По мере перевода данных на МЛ ЕС архивы проходят следующие этапы обработки: проверку полноты данных; технический и критический контроль; редактирование (исправление обнаруженных ошибок и пополнение недостающими данными); формирование логических записей в соответствии с ЯОД-структурой каждого архива; сортировку записей на МЛ для приведения в соответствие их расположения со старшинством ключевых (призначных) элементов; оформление каждого архива в виде семейств ЯОД-файлов данных и файла ЯОД-описания; тестирование на правильность организации файлов.

Создание автоматизированной системы обработки текущей информации, выполняется применительно к расширенному составу данных и новым входным форматам их представления [13], подготовка которых явилась первым этапом работ в этом направлении. Входные форматы для данных на технических носителях и соответствующие им формы входных таблиц разработаны применительно к данным суточных, часовых и мгновенных значений радиационных величин, а также для данных о поверках приборов и сведений об истории станций и различного рода изменениях, происходящих на станциях. При этом учтены как общие принципы, принятые в международной практике сбора данных для их последующей обработки на ЭВМ (например, символьное представление входных данных на магнитной ленте), так и требования к структуре информации, применяемые при создании режимно-справочных банков данных системы Госкомгидромета СССР (например, наличие ключевых элементов в логических записях).

Месячный объем информации, поступающей в настоящее время в виде суточных и частично часовых сумм составит при символьном представлении на технических носителях в разработанных форматах $\approx 1,2$ млн. байт, данные тех же величин в виде часовых сумм составят уже 11,5 млн. байт.

Верхний возможный предел объема текущей информации в расширенном составе, исходя из количества станций по [12] (см. графа 4 табл. 1), должен составить ≈ 17 млн. байт в месяц.

Технология функционирования системы обработки и архивации текущих данных на базе ЭВМ ЕС и ее программное обеспечение подробно излагаются в [13, 14].

Первая очередь данного программного комплекса обеспечивает раскодировку записей в файлах суточных, часовых и мгновенных значений, а также файла поверочных и описательных данных, первичный синтаксический и семантический контроль информации, формирование на устройстве прямого доступа — МД — файлов данных во

входных форматах и файла каталога поступивших данных.

Внедрение этой технологии, дополненной заключительным этапом-формированием ЯОД-файлов суточных, часовых и мгновенных значений радиационных величин в форматах внутреннего хранения – предполагается к 1989 г. Годичные секции файлов данных должны накапливаться в информационной базе банка, а также передаваться на архивное хранение во ВНИИГМИ-МЦД для пополнения расширяющегося архива данных мировой актинометрической сети „Актинмир”. Порядок передачи данных на архивное хранение определяется соответствующими инструкциями ЦГМД.

Программное обеспечение банка

Программный комплекс банка „Актинометрия. Мировая сеть” как режимно-справочного банка системы Госкомгидромета СССР, состоит из общего для всех РСБД программного обеспечения СУД АИСОРИ*, разработанного ВНИИГМИ-МЦД и специализированных программ по профилю банка, создаваемых его разработчиками. Комплекс СУД АИСОРИ предназначен для доступа к базе данных, выполнения различного рода выборок и преобразований данных, а также их статистической обработки с использованием пакета прикладных программ АИСОРИ и языковых средств обращения к ним. Банк ориентируется на комплексе АИСОРИ для выполнения задач обслуживания потребителей по стандартным запросам. Комплекс СУД АИСОРИ был внедрен на ВЦ ГГО. Сотрудники ВНИИГМИ-МЦД совершенствуют систему СУД и обеспечивают замену устаревших версий на новые.

Специализированное программное обеспечение банка „Актинометрия. Мировая сеть” предназначено, прежде всего, для организации информационной базы банка, ее регулярного пополнения, контроля, данных и обеспечения долговременной сохранности создаваемых архивов. Значительная часть этих программ уже реализована для ЭВМ ЕС-1061.

В процессе подготовки специализированного программного обеспечения банка должны быть разработаны также программы печати таблиц ежемесячников и каталогов данных; сервисные программы для удовлетворения нестандартных запросов; проблемные программные комплексы для решения научно-исследовательских задач.

Программный комплекс банка должен включать также составлен-

* Система управления данными автоматизированной информационной системы обработки режимной информации.

ные на „языке описания процессов” [7] обращения к сервисным программам АИСОРИ применительно к их использованию для каждого из архивов банка.

Задачи использования банка

Разрабатывая организационные формы работы банка „Актинометрия. Мировая сеть” и оценивая эффективность его использования, важно исходить из того, что банк создается как средство перестройки работы МЦРД для обеспечения его функционирования на уровне, соответствующем современным технологиям Мировых центров данных. Вопрос эффективности автоматизированных банков данных весьма широко освещен в литературе. Действительно, банки данных, использующие современные ЭВМ и технические носители для накопления информации, позволяют получить наиболее полную по объему информацию, а также осуществлять автоматизированный контроль и надежное долговременное хранение. При выполнении задач обслуживания в рамках функционирования МЦРД средства банка обеспечивают переход от малопроизводительного ручного труда к автоматизированным технологиям. Располагая большими объемами информации и возможностью их обработки в короткие сроки на ЭВМ, банк позволит представлять необходимые потребителям сведения о радиационном режиме на современных носителях, с большей детальностью и оперативностью. Весьма важен переход средствами банка к автоматизированному изданию регулярных публикаций МЦРД – ежемесячников данных мировой актинометрической сети. Подготовка публикаций вручную приводит к задержке в издании ежемесячников почти на год после месяца наблюдений, что не позволяет с необходимой оперативностью использовать эти данные для многих актуальных задач, например, задачи мониторинга радиационных факторов климата.

Автоматизация процесса издания и удовлетворения различного рода запросов должна обеспечить также значительный экономический эффект.

Помимо важности сосредоточения в СССР мировых данных по радиации, политического, социального (сокращение ручного труда) и экономического аспектов функционирования МЦРД на современном техническом уровне, наличие банка открывает принципиально новые возможности решения многих научных и прикладных задач.

К основным задачам использования банка „Актинометрия. Мировая сеть” относятся:

- мониторинг радиационных факторов климата, чувствительных к естественным и антропогенным воздействиям на атмосферу (напри-

мер, изменение прозрачности атмосферы);

- использование в численных моделях циркуляции атмосферы и климатической системы;

- использование наземных измерений в качестве реперных для привязки результатов радиационных измерений со спутников;

- изучение статистической структуры полей составляющих радиационного баланса в различных широтных зонах и отдельных районах земного шара;

- разработка алгоритмов автоматического контроля составляющих радиационного баланса с учетом статистических параметров, рассчитанных по архивным данным банка;

- оценка гелиоэнергетических ресурсов различных районов земного шара;

- задачи использования солнечной энергии в хозяйственных целях;

- перспективное и текущее планирование расходов топлива и электроэнергии;

- составление сельскохозяйственных и гидрологических прогнозов;

- расчет нормативных оценок при строительстве зданий и сооружений;

- планирование градостроительства;

- охрана окружающей среды;

- рационализация наземной актинометрической сети применительно к различным исследовательским и прикладным задачам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солнечная радиация и радиационный баланс (мировая сеть). Ежемесячник, Ленинград.

2. Report of the meeting of experts on the future activities of the World Radiation Centre (WRC-Leningrad) (Leningrad, 28 February – 1 March 1983 – WCP-48 – World Meteorological Organization, 60 p.

3. Резолюция 6 (ИС-XXXVI) – Международный сбор и публикация радиационных данных. – ВМО № 631, Секретариат ВМО, Женева, Швейцария. – 297 с.

4. Груза Г. В., Рейтенбах Г. Г. Статистика и анализ гидрометеорологических данных. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 216 с.

5. Веселов В. М., Прибыльская И. Р. Система управления данными АИСОРИ. Общее описание. – Обнинск, 1981. – 113 с.

6. Веселов В. М. Язык описания гидрометеорологических данных. – Труды ВНИИГМИ-МЦД, 1978, вып. 43, с. 3–30.

7. Веселов В. М. Язык описания процессов. – Труды ВНИИГМИ-МЦД, 1981, вып. 75.

8. Методика и примеры использования системы управления данными АИСОРИ. Руководство пользователя. – Обнинск, 1981. – 112 с.

9. Временные методические указания по организации гидрометеорологических

данных на магнитных лентах ЕС ЭВМ. Язык описания гидрометеорологических данных. — Обнинск, 1977. —120 с.

10. Общеотраслевые руководящие методические материалы по созданию банков данных в автоматизированных системах различного назначения. — М.: Изд. ГКНТ, 1982. —43 с.

11. Типовое положение о режимно-справочных банках данных Госкомгидромета (ведение и обслуживание потребителей) — ВНИИГМИ-МЦД, Обнинск, 1983. —10 с.

12. Weine Jozefsson, Marie-Loise Westerberg. Solar radiation data source catalogue. — The Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI), Norrköping, Sweden, 1980.

13. Кричак М. О., Каширина Е. В. Методические вопросы организации автоматизированной системы обработки текущей информации мировой актинометрической сети. — См. наст. сб.

14. Каширина Е. В. Алгоритмы первичной обработки и организация временного хранения информации мировой актинометрической сети. —ВНИИГМИ—МЦД, деп. № 622—ГМ от 06.03.87 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ТЕКУЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ МИРОВОЙ АКТИНОМЕТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Автоматизированная система обработки текущей информации мировой актинометрической сети разрабатывается как одно из направлений развития банка данных „Актинометрия. Мировая сеть” на базе технических средств ЕС–ЭВМ. Методология создания банка, входящего в систему режимно-справочных данных о природной среде, изложена в работе [1].

Система обработки текущей информации имеет целью обеспечить:

- пополнение банка регулярно поступающей в Мировой центр радиационных данных (МЦРД) информацией от национальных метеорологических служб и отдельных станций мировой сети;
- предоставление пользователям текущей информации о составляющих радиационного баланса на магнитных лентах;
- автоматизированное издание регулярных публикаций МЦРД – ежемесячников „Солнечная радиация и радиационный баланс (мировая сеть)” [2];
- автоматизированное издание каталогов данных, поступающих в МЦРД;
- обслуживание системы мониторинга климата, оперативное участие в Бюллетенях мониторинга [3, 4].

Пополнение банка текущей информацией является средством реализации основных функций банка и тем самым новых функций МЦРД, регламентированных ВМО [5].

Технологический процесс обработки и архивации данных включает три основные этапа:

- 1) получение результатов измерений и их контроль непосредственно в пунктах наблюдений;
- 2) сортировку, дополнительный контроль и занесение данных на носитель в центре обработки;
- 3) обработку данных с целью формирования архивов долговременного хранения, включаемых в информационную базу банка.

Второй этап осуществляется как в национальных центрах, располагающих необходимыми техническими возможностями, так и в МЦРД; третий этап – в МЦРД. Реализация второго и третьего этапов в МЦРД разрабатывается применительно к расширенному составу радиационных величин, рекомендованных для архивации 6-й Резолюцией 36-й сессии Исполнительного совета ВМО. При этом предусматривается представление данных в виде суточных и часовых сумм, а для прямой

солнечной радиации – также в виде мгновенных значений. В соответствии с [5] данные (в таблицах или на перфокартах) должны проявляться „месячными порциями” от каждой станции не позже, чем через 2 мес после окончания периода наблюдений, либо на магнитных лентах – порциями за полгода, с обязательным приложением таблиц, которые могут быть представлены на бланках МЦРД или на листингах ЭВМ. Табличное сопровождение необходимо для последующего контроля данных, а также в качестве „твердой копии” информационной базы банка.

Применительно к каждому временному разрешению представляемых величин в МЦРД разработаны самостоятельные форматы для занесения на технические носители и соответствующие им формы входных таблиц. Специальный формат разработан для информации о поверке приборов и различного рода изменениях, происходящих на станциях в течение года. Эти сведения должны направляться в МЦРД от каждой станции с последним месячным комплектом данных. Разработанные форматы предполагают идентичность содержания и структуры информации на всех видах носителей (в таблицах, перфокартах, магнитных лентах). На магнитных лентах представление данных символическое, 80-байтовыми записями, что соответствует объему одной перфокарты. В связи с этим таблицы организованы в виде строк (по 80 позиций каждая). Форматы каждого временного разрешения универсальны для различных радиационных величин. Записи на МЛ и, соответственно, строки таблиц, помимо основной информационной части, содержат набор ключей-параметров, позволяющих идентифицировать записи независимо от места их расположения на магнитной ленте.

Способ идентификации по ключевым параметрам применительно к массивам, состоящим из совокупности логических записей, более удобен и экономичен в отношении расходования МЛ (в случае отсутствия данных от каких-либо станций по каким-либо из предусмотренных параметров), чем позиционный способ с жестким заданием размещения каждого информационного массива. В то же время внутри отдельных записей более целесообразно позиционное занесение конкретных параметров.

Форматы предусматривают сопровождение каждого значения радиационной величины признаком качества, присваиваемым в национальном центре или на станции при заполнении таблиц. В соответствии с используемой шкалой признаки качества могут принимать следующие значения: „пробел” (или „0”) – в случае, когда значение не вызывает сомнения; „1” – в случае сомнительности значения; „2” – в случае, когда наблюдение по какой-либо причине не производилось или зна-

чение забраковано; „3” – в случае, когда значение восстановлено расчетным путем; „4” – в случае, когда значение радиационной величины равно нулю в период полярной ночи на станциях в высоких широтах (в отличие от подобных ситуаций нулевые значения в ночные часы на неполярных станциях сопровождаются характеристикой качества, равной нулю).

Подробное описание форматов с образцами бланков входных таблиц содержится в [6]. Объем входной информации для одной станции за один месяц по одному радиационному параметру составляет, в соответствии с данными форматами, 320 байт для суточных сумм, 5440 байт для часовых сумм и $n \times 80$ байт для мгновенных значений прямой солнечной радиации (n – количество дней с наблюдениями в течение месяца). Занесение „месячной порции” данных на технический носитель (МЛ или ПК) с помощью современных устройств для поступающего в настоящее время состава параметров и количества станций (около 400 станций с данными суточных сумм суммарной солнечной радиации и данными по продолжительности солнечного сияния; около 70 станций с часовыми суммами радиационного баланса) потребует работы одного человека в течение 3–4 недель. Переход на часовое представление радиационных величин и расширение их состава потребует для занесения информации на технический носитель существенно больших затрат времени.

Технологическая схема автоматизированной обработки в МПРД (рис. 1) рассчитана на месячную периодичность поступления данных в таблицах или на перфокартах и полугодичную периодичность поступлений данных на магнитных лентах. В соответствии с этим организуются полугодичные циклы обработки, в процессе которых идет усвоение шести регулярных потоков основной информации за каждый месяц, данных на МЛ в конце полугодия, а также исправлений и дополнений, которые могут поступить позднее, с потоком одного из последующих месяцев.

Для реализации технологической схемы создается три пакета программ применительно к ЭВМ ЕС-1061:

- 1) пакет программ для обеспечения контроля и промежуточной архивации данных во входных форматах на устройствах прямого доступа (МЛ) [7];

- 2) пакет программ для печати таблиц ежемесячника и каталога поступивших данных;

- 3) пакет программ для создания ЯОД-архивов в форматах внутреннего хранения информационной базы банка [1, 8].

Первый программный комплекс после этапа раскодировки и пер-

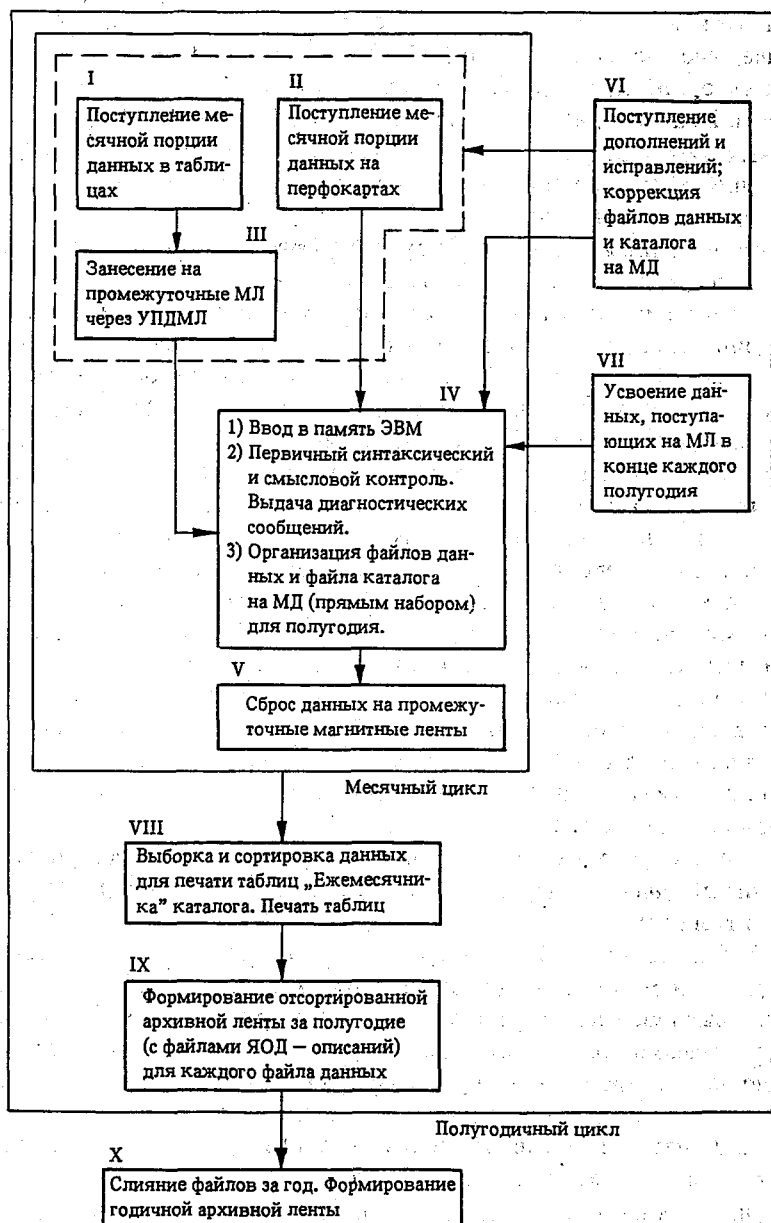


Рис. 1. Технологическая схема архивации текущих данных.

вичного контроля формирует два полугодовых архива (за текущее и прошедшее полугодия), каждый из которых включает имеющие прямую организацию файлы данных суточных, часовых и мгновенных значений радиационных величин, а также файл каталога поступивших данных. Архив второго полугодия включает также файл описательных сведений об изменениях на станциях и поверках актинометрических приборов в течение года.

Файлы данных состоят из совокупности информационных массивов, в которые объединяются значения одной из радиационных величин в одном из возможных временных разрезов для одной станции за один месяц (т. е. совокупность значений, помещаемых в один табличный бланк). Информационный массив может быть занесен в набор либо текущего, либо прошедшего полугодия. Для каждого из информационных массивов формируется отдельная логическая запись в файле каталога текущего или прошедшего полугодия, содержащая ключевые параметры массива — таблицы и его адрес на магнитном диске. Наличие каталога дает возможность в одном и том же режиме усваивать как первичные, так и корректирующие данные: если в каталоге уже есть запись с ключевыми параметрами, совпадающими с ключами прочтенного из входного потока массива, последний воспринимается как корректирующий и заносится на диск на место уже созданного массива с внесением соответствующих изменений в запись каталога; в случае, если в каталоге не обнаруживается записи с ключами прочтенного массива, последний является первичным, записывается в соответствующий файл данных на диске при одновременном формировании записи каталога.

После обработки данных каждого месяца файлы, созданные на магнитных дисках, дублируются, для обеспечения их сохранности, на магнитных лентах.

Формирование файлов данных сопровождается первичным синтаксическим и смысловым контролем с целью обнаружения грубых ошибок. Смысловой контроль осуществляется двумя способами — путем сопоставления контролируемых величин с возможным диапазоном их значений (контроль на доверительные пределы), а также путем пересчета сумм и средних и сопоставления вычисленных значений с исходными. Расчет сумм и средних при этом производится в соответствии с методикой, излагаемой в предисловии к [2].

Диагностические сообщения об обнаруженных ошибках подлежат дальнейшему анализу, а ошибки — исправлению.

После создания проконтролированных файлов данных на МД средствами второго пакета программ должна выполняться сортиров-

ка каталога и печать таблиц ежемесячника и каталога данных за полугодие. Сортировка записей каталога должна обеспечить их последовательность в соответствии с макетом ежемесячника.

Процесс обработки информации за полгода, включая автоматизированное издание ежемесячника, в соответствии с установленным регламентом [5], должен завершаться через 6–8 месяцев после окончания полугодия.

Для обеспечения качественной печати таблиц с целью их последующего тиражирования предполагается, помимо технических средств ЕС-ЭВМ, использование полиграфического оборудования, осуществляющего печать контрольного текста с магнитной ленты или перфоленты, подготовленной ЭВМ.

После этапа печати таблиц средствами третьего пакета программ предусматривается организация из файлов на МД полугодичных ЯОД-файлов внутреннего хранения на МЛ с последующим объединением ЯОД-архивов за каждое полугодие в одну годичную ленту. В ЯОД-файлах символьное представление данных в целях экономии магнитной ленты заменяется двоичным.

Изложенный технологический процесс предполагает сохранение на МД каждого из промежуточных архивов во входных форматах в течение года – сначала в качестве архива текущего полугодия, а затем в качестве архива прошедшего полугодия. Таким образом, каждый полугодичный архив во входных форматах подвергается окончательной обработке (печати ежемесячников и формированию ЯОД-архивов) только по истечении еще одного полугодия. Необходимость в столь продолжительном периоде „отсечения” обусловлена возможностью значительных задержек в поступлении исправлений и дополнений от ряда стран. В случае четкого соблюдения странами регламента представления данных в МЦРД период „отсечения” может быть сокращен.

Создаваемые в результате полного цикла архивации годичные ЯОД-файлы данных, пополняющие информационную базу банка, имеют структуру квазисиноптического (периодического) типа, представленную на рис. 2.

Годичные архивные ленты (ЯОД-архивы) должны храниться в самом банке, а также сдаваться, в соответствии с [9], в ЦГМД. Для обеспечения сохранности архивных лент предусматривается использование методики избыточного помехозащитного кодирования [10].

Реализация данной технологии применительно к расширенному составу радиационных величин требует ≈ 20 Мбайт дисковой памяти и 4–5 МЛ в год для хранения годичного ЯОД-архива (без учета избыточного кодирования).

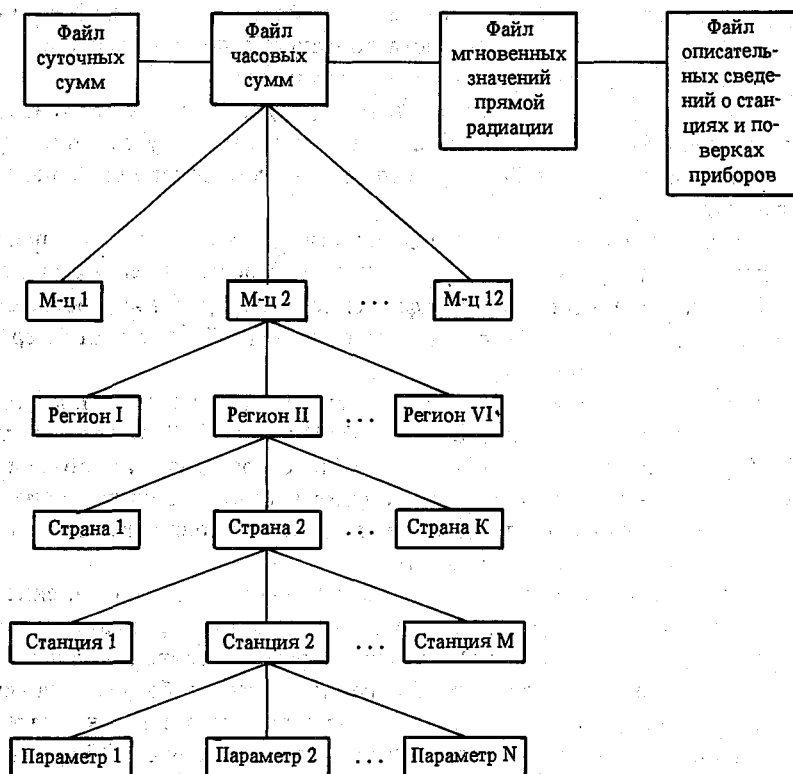


Рис. 2. Структура годовых, ЯОД-файлов данных банка „Актинометрия. Мировая сеть”.

Создаваемые пакеты программ должны быть дополнены также комплексом программ детального автоматического контроля текущих данных, что является предметом самостоятельной разработки.

Внедрение разработанной технологии в оперативную деятельность МЦРД планируется в течение 1988–1989 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кризак М. О. Задачи и принципы разработки режимно-справочного банка данных „Актинометрия. Мировая сеть”. — См. наст. сб.
2. Солнечная радиация и радиационный баланс (мировая сеть). Ежемесячник. Ленинград, 1964.
3. Данные мониторинга климата. (Температура воздуха на уровне моря. Темпера-

тура воды у поверхности океана. Атмосферные осадки). Северное полушарие. — Бюллетень ГМП СССР, ЛАМ Госкомгидромета и АН СССР.

4. Climate system monitoring (CSM). Monthly Bulletin. World Climate Programme, WMO.

5. Резолюция 6 (ИС-XXXVI) — Международный сбор и публикация радиационных данных. — ВМО № 631, Секретариат ВМО, Женева, Швейцария. — 297 с.

6. Input format guidelines for world radiometric network data. Leningrad, 1987. WCP-148 — World Meteorological Organization.

7. Каширина Е. В. Программа формирования файлов данных мировой актинометрической сети во входных форматах. — Фонд ОФАП — № И-0928.

8. Временные методические указания по организации гидрометеорологических данных на магнитных лентах ЕС ЭВМ. Язык описания гидрометеорологических данных. — Обнинск, 1977. — 120 с.

9. Типовое положение о режимно-справочных банках данных Госкомгидромета (ведение и обслуживание потребителей) — Изд. ВНИИГМИ—МЦД, Обнинск, 1983. — 10 с.

10. Афиногенов Л. П. Длительное хранение информации в технических системах. — Л.: Гидрометеиздат, 1983. — 226 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Г. П. Вимберг, П. П. Бойцов. Структурно-функциональная ценность гидрометеорологической информации и значимость средств ее получения	3
О. М. Покровский. О применении меры Шеннона для количественной оценки информативности систем гидрометеорологических наблюдений	19
В. Г. Куприенко, Л. Л. Брагинская. О метеорологическом обеспечении автопредприятий прогнозами снегопадов	33
Л. Л. Брагинская, В. Г. Куприенко. Об оценке экономической эффективности прогнозов гололеда на дорогах	38
Е. В. Кривошеева. О распределении посевных площадей при условии минимальной изменчивости урожая	44
Л. А. Хандожко, В. Б. Вдовин. Функции метеорологических потерь теплоэлектроцентралей	49
Л. А. Хандожко, В. Б. Вдовин. Методика оценки экономического эффекта прогноза температуры воздуха для теплоэлектроцентралей	58
А. И. Мурзин. Экономический эффект гидрометеорологической и ледовой информации при обеспечении судоходства в Арктике	75
О. М. Покровский. Анализ эффективности методов наблюдательных систем СССР	82
Г. П. Резников. Техничко-экономический вероятностный метод установления межповерочных интервалов	89
Г. П. Вимберг, И. Б. Елисеева. Сравнительный анализ и оценка эффективности работы научных учреждений	93
Г. Ф. Абрамов, Г. П. Вимберг. Оценка уровня организации управления научными исследованиями и разработками	100
Г. П. Вимберг, Н. С. Макова. Вопросы оценки и анализа производительности труда в научных учреждениях	122
А. И. Мурзин, А. А. Чурина. К вопросу разработки технико-экономических нормативов стоимостных затрат на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (на примере ААНИИ)	129
П. П. Бойцов, В. В. Лобанев. Об определении значимости изобретений	134
М. О. Кричак. Задачи и принципы разработки режимно-справочного банка данных „Актинометрия. Мировая сеть”	141
М. О. Кричак, Е. В. Каширина. Методические вопросы автоматизации обработки текущей информации мировой актинометрической сети	152

Сборник научных трудов

Труды ГГО

вып. 528

**ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
В ОБЛАСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ**

Редактор С. С. Судакова

Н/К

Набрано на типо-тайпере в издательстве.

Подписано в печать 05.10.89. М-17684. Формат 60х84/16. Бумага офсетная № 1. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 9,77. Усл. кр.-отт. 10,0. Уч.-изд. л. 11,16. Тираж 530 экз. Индекс МОЛ-214. Заказ 3731. Цена 80 коп. Заказное.

Гидрометеиздат, 199226, Ленинград, В. О., ул. Беринга, д. 38.

Московская типография № 9 НПО „Всесоюзная книжная палата“ Госкомиздата СССР.
109033, Москва, Ж-33, ул. Волочаевская, д. 40.

Структурно-функциональная ценность гидрометеорологической информации и значимость средств ее получения. Вимберг Г. П., Бойцов П. П. Труды ГГО, 1989, вып. 528, с. 3–18.

Разработан алгоритм оценки структурно-функциональной ценности гидрометеорологической информации и технических средств ее получения, позволяющий решить ряд прикладных технико-экономических задач: оценка эффективности системы гидрометеорологического обеспечения по векторному критерию, выбор рационального комплекса технических средств, анализ информационных систем по методу „стоимость — эффективность”, определение цены информации, дифференцированной по различным показателям и др.

Библ. 4.

О применении меры Шеннона для количественной оценки информативности систем гидрометеорологических наблюдений. Покровский О. М. Труды ГГО, 1989, вып. 528, с. 19–32.

Рассмотрены методы расчета количества информации по Шеннону применительно к задачам анализа гидрометеорологической информации.

Обсуждается метод оценки информативности существующих систем наблюдений с привлечением архива данных наблюдений.

Предложен метод оценки информативности планируемых систем наблюдений.

Приведены примеры расчета показателей информативности ряда существующих систем и подсистем наблюдений (аэрологическая сеть, метеорологические спутники, океаническая сеть станций).

Табл. 3. Библ. 16.