

Разработка системы календарно-сетевого планирования проектов предприятий угольной промышленности: опыт АО «Атомэнергопроект»*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-34-39>

АЛЬТБРЕГЕН М.А.

Начальник управления
календарно-сетевого планирования
АО «Атомэнергопроект»,
107996, г. Москва, Россия

ЧУПИН А.Л.

Начальник отдела научного управления
Российского университета
дружбы народов,
117198, г. Москва, Россия,
e-mail: chupin-al@rudn.ru

МОРКОВКИН Д.Е.

Канд. экон. наук, доцент
Финансового университета при
Правительстве Российской Федерации,
125167, г. Москва, Россия

МИХАЙЛОВ А.Ю.

Канд. экон. наук, доцент
Финансового университета при
Правительстве Российской Федерации,
125167, г. Москва, Россия

ХАРЧЕНКО С.В.

Канд. экон. наук, доцент
Финансового университета при
Правительстве Российской Федерации,
125167, г. Москва, Россия

На фоне развития информационных технологий и интернета вещей традиционные методы планирования часто игнорируют производственные законы и знания, скрытые в производственных данных. В современных условиях жесткой конкуренции на мировом рынке предприятия угольной промышленности сталкиваются с более жесткими требованиями к повышению эффективности производства, сокращению потребления ресурсов и снижению производственных затрат. Ядром экономической устойчивости предприятий угольной промышленности становятся системы календарно-сетевого планирования. В связи с этим необходимость экономического развития невозможна без использования информационных технологий. Таким образом, опыт использования комплексной системы управления проектированием АО «Атомэнергопроект» дает возможность существенно повысить эффективность деятельности предприятий угольной промышленности, а именно значительно повысить уровень принятия решений и обеспечить эффективное функционирование технологического процесса. Эффективность оптимизации и оперативность принятия решений – две противоречивые цели, которые необходимы для эффективной работы промышленных предприятий в целом. В связи с этим авторами предложена и описана методика календарно-сетевого планирования проектов предприятий угольной промышленности, которая включает результаты математической оценки критериев и ограничений. Авторы считают, что удовлетворение данных критериев и ограничений позволит повысить эффективность работы предприятий угольной промышленности в условиях международных санкций.

Ключевые слова: экономико-математические методы, моделирование, информационные системы, управленческие решения, интеллектуальные системы, угольная промышленность, планирование.

Для цитирования: Разработка системы календарно-сетевого планирования проектов предприятий угольной промышленности: опыт АО «Атомэнергопроект» / М.А. Альтбреген, А.Л. Чупин, Д.Е. Морковкин и др. // Уголь. 2023. № 9. С. 34-39. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-34-39.

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда «Математические модели и компьютерные технологии календарного планирования производства и энергетики в условиях экономической неопределенности» № 23-41-10001, <https://rscf.ru/project/23-41-10001>.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема календарно-сетевого планирования разработки проектов предприятий угольной промышленности содержит множество аспектов. К ним относятся: политика ценообразования, вопросы экономического стимулирования, вопросы проработки принципов территориального размещения развиваемых производств, социальные проблемы (связанные, в частности, с территориально-демографическими факторами) и т.д. [1]. Решение этих вопросов является одним из этапов системы комплексного планирования развития угольной промышленности, увязывающего в единое целое отраслевое, территориальное, общеэкономическое планирование в рамках программ по реализации конечных целей общества.

Средствами, которыми предприятия угольной промышленности располагают для разработки системы календарно-сетевого планирования, являются имеющиеся на момент планирования мощности действующих предприятий и капитальные вложения для создания новых мощностей и совершенствования структуры имеющихся [2]. Таким образом, поставленные перед отраслью угольной промышленности цели по выпуску конечной отраслевой продукции будут достигнуты, если отрасли удастся «подстроить» динамику развития производственных мощностей под динамику изменения структуры исходной программы-заявки по годам планового периода.

В этой связи одной из важных проблем разработки системы календарно-сетевого планирования является определение организационных форм применения информационных технологий. Распространение пандемии COVID-19 способствовало резкому изменению экономической и социальной жизни во всех отраслях промышленности стран мира, в том числе Российской Федерации. Главным последствием пандемии COVID-19 стало ускоренное внедрение информационных технологий во всех отраслях промышленности, а именно на предприятиях угольной отрасли. Существенной особенностью внедрения информационных технологий для таких предприятий угольной промышленности является то, что производственный процесс информационных систем ориентирован на сбор, обработку и передачу информации, т.е. на систему обработки информации. Основной задачей технико-экономического планирования создания системы обработки данных является задача планирования ресурсов. При этом планирование ресурсов отождествляется с их распределением по операциям технологической сети с учетом ряда ограничений [3].

В настоящее время требуют специального решения такие вопросы, как системы плановых и отчетных показателей, калькулирование себестоимости работ, методы учета выполняемых работ, технологические процессы производства, системы календарно-сетевого планирования и регулирования, методы расчета экономической эффективности и т.п. [4].

Одним из положительных примеров внедрения информационных систем разработки календарно-сетевого планирования проектов для предприятий угольной промышленности является комплексная система управления

проектированием АО «Атомэнергопроект». Данная система создана на базе информационной системы Planner.

Процесс управления проектированием в системе разделен на следующие блоки:

- планирование. В системе Planner планирование подразделяется на календарно-сетевое планирование, оперативное планирование и недельно-суточное планирование. Интегрирование систем календарно-сетевого планирования, оперативного планирования и недельно-суточного планирования в системе Planner позволяет управлять расписанием с осуществлением горизонтального планирования от 1 недели до 5-7 лет, а также выявлять пики для выравнивания ресурсной загрузки;

- нормативы. Оценка трудозатрат выполняется на основе: разработанных справочников-нормативов на основные виды документов и виды деятельности, калькулятора нормативов. Таким образом, происходит регулярный процесс актуализации по фактическим трудозатратам;

- контроль. Данный блок включает в себя контроль фактически понесенных трудозатрат, что позволяет оценить доступность трудовых ресурсов и провести анализ метода освоенного объема;

- мотивация. Мотивация проектировщиков на основе метода освоенного объема направлена на повышение производительности труда. Для мотивации на качество используется формула 50/50. Это означает следующее: 50% на сдачу документов в архив и 50% по факту подписания акта выполненных работ с заказчиком.

Аналитический модуль системы Planner позволяет визуально контролировать процессы производства, так как данные являются основой для производственного контроля и анализа, а также для выявления отклонений и работы с проблемами.

Актуальность работы системы Planner гарантирована тем, что система интегрирована с информационными системами планирования, управления качеством и управления закупками.

Основной целью системы Planner является обеспечение прозрачности, понятности и предсказуемости работы. На основании своей методологии и инструментов система предоставляет достоверные данные для принятия управленческих решений.

Данная работа построена следующим образом: в разделе 1 авторы описывают проблемы и комплексную систему управления проектированием АО «Атомэнергопроект»; в разделе 2 авторы представляют методику календарно-сетевого планирования проектов предприятий угольной промышленности; в разделе 3 авторы представляют полученные эмпирические результаты – математическую оценку критериев и ограничений, удовлетворение которых позволяет повысить эффективность работы предприятий угольной промышленности. В разделе 4 авторы делают вывод.

МЕТОДИКА КАЛЕНДАРНО-СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЕКТОВ ПРЕДПРИЯТИЙ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Модель задачи планирования ресурсов для предприятий угольной промышленности учитывает ресурсные

ограничения. Это означает, что требуется сопоставить организационную структуру предприятия угольной промышленности с технологической структурой процесса разработки конкретной системы обработки данных [5].

Задача календарного планирования процесса разработки решается поэтапно для каждого уровня управления. Поскольку при переходе с уровня на уровень сущность задачи не меняется, то для простоты изложения рассмотрим ее постановку и метод решения только на втором уровне управления – уровне этапов или работ. Это позволит избежать индексации переменных [6].

Пусть для каждой операции проектирования из множества $A = \{A_j, j = \overline{1, J}\}$ имеется длительность ее выполнения τ_j как функция от количества исполнителей b_j , т.е. $b_j = \tau(b_j)$. Очевидно, что необходимый для успешной реализации операции A_j объем трудовых ресурсов E_j находится в следующем соотношении с количеством исполнителей b_j и временем выполнения операции τ_j .

$$E_j = b_j \cdot \tau_j, j = \overline{1, J}. \quad (1)$$

Поскольку величины E_j известны как результат решения задачи (1), то, зафиксировав условие

$$b_j \cdot \tau_j \leq E_j, j = \overline{1, J} \quad (2)$$

по известной функции $\tau_j = \tau(b_j)$, находим интервалы

$$\underline{b}_j \leq b \leq \overline{b}_j, j = \overline{1, J}; \quad (3)$$

$$\underline{b}_j \leq \tau \leq \overline{b}_j, j = \overline{1, J}, \quad (4)$$

в пределах которых допускается изменение количества исполнителей и длительности выполнения операций проектирования без нарушения условий (2).

Обычно предполагают, что функции $\tau_j = \tau(b_j)$ являются убывающими, и задают их в виде

$$\tau_j = \beta_j b_j - \delta_j, j = \overline{1, J}, \quad (5)$$

где

$$\beta_j = \frac{\tau_j^{\max} - \tau_j^{\min}}{b_j^{\min} - b_j^{\max}} < 0;$$

$$\delta_j = \tau_j^{\min} - \beta_j \cdot b_j^{\max} > 0;$$

$\tau_j^{\min}, \tau_j^{\max}$ – соответственно возможное минимальное и возможное максимальное время выполнения технологической операции A_j ;

b_j^{\max}, b_j^{\min} – максимальное и минимальное количество исполнителей, обеспечивающее выполнение операции A_j соответственно за время $\tau_j^{\max}, \tau_j^{\min}$.

Заметим, что величины $\tau_j^{\min}, \tau_j^{\max}, b_j^{\max}, b_j^{\min}$ являются детерминированными. Они могут быть получены на основе обработки статистических данных или экспертным путем.

Для решения задачи календарного планирования пусть организационная структура предприятия угольной промышленности построена по технологическому принципу, т.е. специалисты распределены по структурным подразделениям, специализирующимся на выполнении определенных видов операций проектирования [7].

На множестве индексов операций проектирования $C = \{1, 2, \dots, j, \dots, J\}$ и множестве индексов структурных

подразделений предприятия угольной промышленности $F^* = \{1, 2, \dots, f, \dots, F\}$ определим матрицу $E || e_{jf} || J, F$ со следующим правилом определения значений элементов e_{jf} [8]:

$$e_{jf} = \begin{cases} 1, & \text{если выполнение операции } A_j \text{ возможно} \\ & \text{в структурном подразделении } f, \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Тогда $R_j = \{f : e_{jf} = 1\}$ – множество индексов структурных подразделений, в которых допустимо выполнение операций A_j , а $L_j = \{j : e_{jf} = 1\}$ – множество индексов операций проектирования, выполнение которых допустимо в структурном подразделении f .

Для каждого подразделения задается количество свободного ресурса (количество специалистов [9], которых можно привлечь к выполнению нового проекта) как функция от длительности планового интервала или дискрета планирования $\Delta_{\text{пл}}$, т.е.

$$P_f = P(\Delta_{\text{пл}}), f = \overline{1, F}, \quad (11)$$

где F – количество структурных подразделений на предприятии угольной промышленности.

Как указывалось ранее, для удобства анализа технологическая сеть разбивается [10] на непересекающиеся слои (ранги) $A^\beta (\beta = \overline{1, B})$, такие, что

$$\bigcup_{\beta=1}^B A^\beta = A, \text{ а } \bigcap_{\beta=1}^B A^\beta = \emptyset,$$

где B – число слоев технологической сети.

Из начальной операции $A_{j_1} \in A^1$ в конечную операцию $A_{j_B} \in A^B$ существует множество путей (цепочек) $S = \{S_r, r = \overline{1, R}\}$, где R – количество цепочек, а

$$S_r = \{A_j; A_j \in A, A_{j_1} \in A^1, A_{j_B} \in A^B, A_{j_k} \leftarrow A_{j_{k+1}}, \lambda = \overline{1, C_r}\},$$

где C_r – число операций проектирования, образующих цепочку S_r .

Введя булевскую переменную

$$x_j^f = \begin{cases} 1, & \text{если операция } A_j \text{ назначена} \\ & \text{на выполнение в подразделении } f \in R_j, \\ 0 & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

математическую постановку задачи календарно-сетевое планирование можно записать следующим образом:

$$a_f^0 = \max_{S_r \in S} \sum_{A_j \in S_r} x_j^f (\tau_j + \xi_j^f) \rightarrow \min; \quad (12)$$

$$\sum x_j^f \cdot b_j \leq P_f(a), f = \overline{1, F};$$

$$(L_f(a) = \{j : j \in L_f \wedge a \in [a_j^{\text{н}}, a_j^{\text{о}}]\}); \quad (13)$$

$$\underline{b}_j \leq b \leq \overline{b}_j, j = \overline{1, J}; \quad (14)$$

$$\underline{\tau}_j \leq \tau_j \leq \overline{\tau}_j, j = \overline{1, J}; \quad (15)$$

$$\tau_j = a_j^{\text{о}} - a_j^{\text{н}}, j = \overline{1, J}; \quad (16)$$

$$a_j^{\text{н}} \geq a_\lambda^{\text{о}} \forall A_\lambda \in A : A_j \rightarrow A_\lambda, j = \overline{1, J}; \quad (17)$$

$$\bigcup_{f=1}^F L_f = C; \quad (18)$$

$$b_j \geq 0, \tau_j \geq 0, a_j^{\text{н}} \geq 0, a_j^{\text{о}} \geq 0, j = \overline{1, J}, \quad (19)$$

где a_j^h, a_j^o – соответственно начало и окончание выполнения операции A_j ; b_j – количество исполнителей операции A_j ; τ_j – длительность выполнения операции A_j ;

$[b_j, \bar{b}_j], [\tau_j, \bar{\tau}_j]$ – интервалы, в пределах которых допуска-

ется варьирование значений b_j и τ_j ; a – текущий момент времени; $L_f(a)$ – множество индексов технологических операций, которые могут выполняться в структурном подразделении f в момент времени a ; $P_f(a)$ – количество специалистов подразделения f , которых можно привлечь для выполнения данного проекта в момент времени a ; ξ_j^f – задержка начала выполнения операции A_j , в подразделении $f \in P_j$; L_f – множество индексов операций проектирования, выполнение которых допустимо в структурном подразделении f ; R_j – множество индексов структурных подразделений, в которых допустимо выполнение операции A_j ; C – множество индексов всех операций проектирования из технологической сети (Т, Д).

Значения $P_f(a)$ и ξ_j^f определяются из следующих соотношений:

$$P_f(a) = P_f - \sum_{L_f(a)} b_j \cdot x_j^f;$$

$$\xi_j^f = a_j^f - a^j,$$

где P_f – величина доступного для данного проекта трудового ресурса f -го подразделения (6); a_j^f – время возможного начала выполнения операции A_j в структурном подразделении $f \in R_j$; a^j – условно-оптимальное время завершения множества операций проектирования, непосредственно предшествующих операции A_j .

В свою очередь, величины a^j и a_j^f определяются следующим образом:

$$a^j = \max_{A_n \in H_j} (a_n^o),$$

где $H_j = \{A_n : A_n \in A, A_n \leftarrow A_j\}$, а

$$a_j^f = \begin{cases} a^j, & \text{если } P_f(a^j) \geq \underline{b}_j \\ a^* > a^j : P(a^* - \varepsilon) < \underline{b}_j \wedge P(a^* + \varepsilon) \geq \underline{b}_j, \end{cases}$$

если $P_f(a^j) \geq \underline{b}_j$,

где ε – некоторый небольшой промежуток времени (существенно меньший принятого дискрета календарного планирования).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Установим один из возможных видов зависимости $\tau_j = \tau(b_j)$ для такого рода операций проектирования. Очевидно, что $\tau(b_j)$ – функция, не возрастающая по b_j , а ее изменение пропорционально приросту количества исполнителей, т.е.

$$\Delta \tau_j = B_j \Delta b_j, \quad (6)$$

где B_j – некоторая функция.

Значение B_j в свою очередь также зависит от числа исполнителей:

$$B_j = \beta(b_j). \quad (7)$$

Естественно принять, что зависимость (7) обратно пропорциональная. Тогда можно записать:

$$B_j = \frac{\gamma}{b_j}. \quad (8)$$

где γ – некоторый неотрицательный коэффициент.

Из (6) и (8) получаем:

$$\Delta \tau_j = \left(\frac{\gamma}{b_j} \right) \cdot \Delta b_j$$

или, переходя к пределу, следующее дифференциальное уравнение:

$$d\tau_j = \frac{\gamma}{b_j} db_j.$$

Его общее решение имеет вид:

$$\tau_j = \gamma \ln b_j + C. \quad (9)$$

Константы γ и C в (9) определяем исходя из граничных условий:

$$\tau_j^{\min} = \gamma \ln db_j^{\max} + C,$$

$$\tau_j^{\max} = \gamma \ln db_j^{\min} + C.$$

Окончательно искомая зависимость запишется таким образом:

$$\tau_j = \tau_j^{\min} + \frac{\tau_j^{\max} - \tau_j^{\min}}{b_j^{\min} - b_j^{\max}} \ln \frac{b_j}{b_j^{\max}}. \quad (10)$$

Таким образом:

- критерий (12) должен стремиться к минимуму;
- ограничения (13) показывают, что количество людей не должно превышать возможностей этого подразделения;
- ограничения (14), (15) и (16) не разрешают начинать выполнение операции, если не может быть обеспечено такое количество исполнителей, которое в состоянии выполнить операцию за время, не превышающее \bar{r} .
- ограничения (17), что каждая операция должна быть не меньше времени окончания всех непосредственно предшествующих ей других операций проектирования;
- ограничения (18) означают, что на предприятии угольной промышленности должна быть обеспечена возможность выполнения всего комплекса операций технологической сети (Д, Т);
- выражения (19) задают естественные ограничения на неотрицательность переменных;
- задача (12-19) заключается в нахождении такого распределения операций проектирования по структурным подразделениям проектной организации x_j^f ($j = 1, J, f = 1, F$) и определении календарных сроков их выполнения a_j^h, a_j^o ($j = 1, J$), которые удовлетворяют всем ограничениям как со стороны технологии проектирования и топологии технологической сети (ограничения (14-17), (19)), так и со стороны предприятия угольной промышленности (ограничения (13, 18)) и минимизируют при этом общее время выполнения проектных работ (12).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Достоинством рассмотренной модели календарно-сетевого планирования АО «Атомэнергoproект» по созданию комплексной системы управления проектированием является то, что данная система позволяет повысить эффективность использования доступных для проектирования трудовых ресурсов. Это обеспечено посредством включения в модель блоков: системы сетевого планирования, системы нормативно-правовых актов, системы контроля, системы мотивации.

Такой подход к календарно-сетевому планированию разработок направлен на повышение эффективности деятельности при создании проектов предприятий угольной промышленности.

Список литературы

1. Воскресенская О.В. Теоретические аспекты календарно-сетевого планирования на промышленном предприятии // E-Scio. 2022. № 10. С. 321-326.
2. Ковшикова Г.А., Кошелева А.В. Оптимизация бизнес-процессов в системе логистического управления промышленного предприятия // Друкерровский вестник. 2022. № 6. С. 114-122.
3. Оценка эффективности технологических процессов на предприятиях машиностроительной отрасли экономики / В.Г. Анисимов, Е.Г. Анисимов, А.А. Веселко и др. // Журнал технических исследований. 2022. Т. 8. № 1. С. 30-35.
4. Сауренко Т.Н. Оптимизация параметрических рядов продукции предприятия с учетом случайности рыночного спроса // Журнал исследований по управлению. 2022. Т. 8. № 1. С. 10-16.
5. Модель и метод комплексной стандартизации сложных технических систем / В.Г. Анисимов, Е.Г. Анисимов, Е.М. Богоева и др. // Журнал технических исследований. 2022. Т. 8. № 2. С. 20-29.
6. Methodological approach to the formation of the company's portfolio of orders / O. Rostova, V. Anisimov, E. Anisimov et al. // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 387. P. 381-390.
7. Innovation and IT Technologies as the Main Element of a Dynamic Business Model / A. Chupin, Z. Chupina, A. Pavlova et al. // Lecture Notes in Networks and Systems. 2023. No 509. P. 1123-1132.
8. Ризванов Д.А., Чернышёв Е.С. Модель интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении производственными ресурсами // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 12-1. С. 46-51.
9. Chursin A.A., Kokuytseva T.V. Development of Methods for Assessing the Digital Maturity of Organisations Considering the Regional Aspect // Economy of Region. 2022. Vol. 18. P. 450-463.
10. Approaches for Creating a Digital Ecosystem of an Industrial Holding / A.E. Tyulin, A.A. Chursin, A.V. Yudin et al. // Communications in Computer and Information Science. 2022. 1552 CCIS. P. 433-444.

Original Paper

UDC 658.5:622.3 © M.A. Altbregan, A.L. Chupin, D.E. Morkovkin, A.Yu. Mikhaylov, S.V. Kharchenko, 2023
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 9, pp. 34-39
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-34-39>

Title

DEVELOPMENT OF A SYSTEM OF SCHEDULING AND NETWORK PLANNING OF PROJECTS OF COAL INDUSTRY ENTERPRISES: THE EXAMPLE OF «ATOMENERGOPROEKT» JSC

Authors

Altbregan M.A.¹, Chupin A.L.², Morkovkin D.E.³, Mikhaylov A.Yu.³, Kharchenko S.V.³

¹ "Atomenergoproekt" JSC, Moscow, 107996, Russian Federation

² RUDN University, Moscow, 117198, Russian Federation

³ Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125993, Russian Federation

Authors Information

Altbregan M.A., Head of Time and Network Scheduling Division

Chupin A.L., Head of the Department of Research Division,
e-mail: chupin-al@rudn.ru

Morkovkin D.E., PhD (Economic), Associate Professor

Mikhaylov A.Yu., PhD (Economic), Associate Professor

Kharchenko S.V., PhD (Economic), Associate Professor

Abstract

Against the background of the development of information technology and the Internet of Things, traditional planning methods often ignore production laws and the knowledge hidden in production data. In today's fiercely competitive global market, coal industry enterprises are faced with more stringent requirements to increase production efficiency, reduce resource consumption and reduce production costs. The core of economic sustainability of coal industry enterprises becomes the systems of scheduling and network planning. In this regard, the need for economic development is impossible without the use of information technology. Thus, the experience of using the integrated design management system of «Atomenergoproekt» JSC gives an opportunity to significantly improve the efficiency of coal industry enterprises, namely, to significantly increase the level of decision-making and ensure the effective functioning of the technological process. Efficiency of optimization and efficiency of decision-making are two contradictory goals, which are necessary

for effective operation of industrial enterprises in general. In this regard, the authors have proposed and described a methodology for calendar-network planning of projects of coal industry enterprises, which includes the results of mathematical evaluation of the criteria and constraints. The authors believe that the satisfaction of these criteria and constraints will improve the efficiency of coal industry enterprises under international sanctions.

Keywords

Economic and mathematical methods, Modeling, Information systems, Management decisions, Intelligent systems, Coal industry, Planning.

References

1. Voskresenskaya O.V. Theoretical aspects of schedule-network planning in an industrial enterprise. *E-Scio*, 2022, (10), pp. 321-326. (In Russ.).
2. Kovshikova G.A. & Kosheleva A.V. Optimization of business processes in the system of logistics management of an industrial enterprise. *Drucker Bulletin*, 2022, (6), pp. 114-122. (In Russ.).
3. Anisimov V.G., Anisimov E.G., Veselko A.A. & Pak A.Yu. Assessment of technological processes efficiency at the enterprises of the machine-building industry. *Journal of Technical Research*, 2022, Vol. 8, (1), pp. 30-35. (In Russ.).
4. Saurenko T.N. Optimization of parametric series of enterprise products taking into account the randomness of market demand. *Journal of Management Research*, 2022, Vol. 8, (1), pp. 10-16. (In Russ.).

PRODUCTION SETUP

5. Anisimov V.G., Anisimov E.G., Bogoeva E.M., Veselko A.A. & Sysuev S.Yu. Model and Method of Complex Standardization of Complex Technical Systems. *Journal of Technical Research*, 2022, Vol. 8, (2), pp. 20-29. (In Russ.).
6. Rostova O., Anisimov V., Anisimov E., Saurenko T., Peschannikova E. & Shmeleva A. Methodological approach to the formation of the company's portfolio of orders. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2022, (387), pp. 381-390.
7. Chupin A., Chupina Z., Pavlova A., Skudalova T. & Andreeva E. Innovation and IT Technologies as the Main Element of a Dynamic Business Model. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2023, (509), pp. 1123-1132.
8. Rizvanov D.A. & Chernyshev E.C. Model of intelligent decision-making support in the management of production resources. *Modern Science-Intensive Technologies*, 2022, (12-1), pp. 46-51. (In Russ.).
9. Chursin A.A. & Kokuytseva T.V. Development of Methods for Assessing the Digital Maturity of Organizations Considering the Regional Aspect. *Economy of Region*, 2022, (18), pp. 450-463.
10. Tyulin A.E., Chursin A.A., Yudin A.V. & Grosheva P.Y. Approaches for Creating a Digital Ecosystem of an Industrial Holding. *Communications in Computer and Information Science*, 2022, (1552 CCIS), pp. 433-444.

Acknowledgements

The research was financially supported by the grant of the Russian Science Foundation No. 23-41-10001 'Mathematical models and computer technologies of scheduling production and power generation in conditions economic uncertainty'; <https://rscf.ru/project/23-41-10001>.

For citation

Altbregren M.A., Chupin A.L., Morkovkin D.E., Mikhaylov A.Yu. & Kharchenko S.V. Development of a system of the scheduling and network planning of projects of coal industry enterprises: the example of "Atomenergoproekt" JSC. *Ugol*, 2023, (9), pp. 34-39. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-34-39.

Paper info

Received March 20, 2023

Reviewed August 14, 2023

Accepted August 25, 2023

Прирост добычи угля стал рекордным за более чем 40 лет

Прирост добычи угля в абсолютном выражении составил 643,9 млн т, что является рекордом, как минимум, с 1982 г. Такие данные приводит Energy Institute в очередном годовом Обзоре мировой энергетики, который ранее публиковала ВР.

Две трети прироста обеспечил Китай, где добыча угля увеличилась на 10,5% (на 434,2 млн т). Ключевую роль сыграло стремление КНР снизить зависимость от импорта угля, которая стала критической в 2021 г., когда «постковидное» восстановление энергоспроса совпало с негласным эмбарго в отношении Австралии. Импорт угля в Китае в 2023 г. снизился на 12,6%, до 5,83 эксаджоулей, тогда как инвестиции в добычу выросли на 24%, до 96 млрд, согласно данным Международного энергетического агентства. При этом спрос на уголь будет продолжать расти: по оценкам экспертов ассоциации «Глобальная энергия», к началу 2023 г. в КНР на стадии строительства находилось 113 угольных ТЭС мощностью 115,5 гигаватта (ГВт), что почти втрое превосходит мощность всех действующих угольных электростанций в Германии (40,5 ГВт), являющейся крупнейшим потребителем энергетического угля в ЕС.

Четверть общемирового прироста предложения при- шлась на Индию и Индонезию, где добыча угля увеличилась на 12,1% (на 98,6 млн т) и 12,1% (на 73,4 млн т) соответственно. С одной стороны, сказывается увеличение спроса: выработка электроэнергии из угля в Индии в 2022 г. выросла на 8,3%, а доля угля в структуре генерации осталась на уровне в 74%. С другой стороны, важную роль сыграло эмбарго ЕС в отношении РФ, которое привело к росту востребованности индонезийского угля на мировом рынке. По данным аналитического центра Ember, поставки энергетического угля из Индонезии в страны ЕС выросли с чуть более чем нуля в 2021 г. до 6 млн т в 2022 г.



Фото из ресурсов «Глобал»

Значимый вклад в прирост предложения также внесли США, где добыча угля в 2022 г. увеличилась на 3% (на 15,6 млн т). Роль драйвера сыграло эмбарго ЕС в отношении России, которое простимулировало поставки американского сырья на европейский рынок. В результате, объем поставок в 2022 г. увеличился на 47,9%, до 30 млн т, согласно данным Управления энергетической информации. Этот фактор стал ключевым и для динамики предложения в Европе, где добыча угля по итогам 2022 г. выросла на 6,2% (545,9 млн т).

Впрочем, несмотря на эмбарго ЕС, добыча угля в России в 2022 г. выросла на 1,1%, до 439 млн т. Важным подспорьем стало освоение Эльгинского месторождения коксующегося угля, добыча на котором по итогам 2022 г. выросла на 203,7% (до 16,5 млн т, согласно данным ЦДУ ТЭК). Это месторождение должно будет выйти на полную мощность (45 млн т в год) после завершения строительства железнодорожной ветки Эльга – Чумикан, которая позволит транспортировать уголь к порту на побережье Охотского моря для дальнейших морских поставок в страны АТР.

Ассоциация по развитию международных исследований и проектов в области энергетики «Глобальная энергия»