МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (ЦНИЭИуголь)

УТВЕРЖДЕНЫ

Заместителем Министра
угольной промышленности
СССР
Г.И. Нуждихиным

"29" декабря 1983 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ШАХТОВАРИАНТОВ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

МОСКВА 1984

gost.e-ecolog.ru

Методические положения по формированию и экономической оценке шахтовариантов разработаны институтом ЦНИЭИуголь в соответствии с отраслевым планом НИР на 1981-1982 гг. Они являются составной частью методического и информационного обеспечения системы оптимизационных расчетов перспективных планов экономического и социального развития угольной промышленности.

Методические положения предназначены для использования их в проектных и научно-исследовательских организациях Минуглепрома СССР при разработке экономико-математических моделей действующих и строящихся шахт.

Работа выполнена под научным руководством проф., докт. техн. наук А.М. Курносова и канд. техн. наук Л.А. Кафорина ответственным исполнителем канд. техн. наук И.П. Набродовым при участии кандидатов техн. наук И.Б. Кудина, В.Т. Шмелева; инженеров В.А. Беловодского, Р.К. Ивановой, Л.Н. Сидякиной, О.Н. Лазукиной (ЦНИЭИуголь); инженера Ю.Д. Мышанова (ДонУГИ).

В В Е Д Е Н И Е

Исходным этапом оптимального планирования является формирование различных технически допустимых вариантов развития шахт на определенную перспективу (шахтовариантов).

Шахтовариант - это вариант развития шахты на перспективу, характеризуемый определенными планировкой и очередностью отработки элементов шахтного поля, концентрацией, организацией и технологией ведения горных работ, а также соответствующими технико-экономическими показателями.

Существующая практика подготовки шахтовариантов связана с большими затратами труда, из-за чего количество составляемых вариантов не превышает 2-х, а их качество не удовлетворяет требованиям, вытекающим из Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР "Об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на повышение эффективности производства и качества работ".

Поэтому в настоящее время важнейшим вопросом в деле повышения обоснованности плановых заданий шахтам является разработка такого расчетного аппарата, с помощью которого можно было бы оперативно и без существенных затрат труда формировать варианты развития шахт на перспективу и определять по каждому из них технико-экономические показатели. Существенное снижение трудоемкости технико-экономических расчетов по шахтовариантам позволит увеличить их число, повысить оперативность подготовки информации для плановых расчетов, что, в свою очередь, приведет к улучшению качества производственных планов. Поставленную задачу, ввиду ее большой сложности, можно решить только при помощи математического моделирования и высокопроизводительных ЭВМ.

Настоящие "Методические положения" позволят на основе единых подходов к решению технико-экономических задач, структуры исходных данных и нормативной базы более интенсивно внедрять в практику плановых расчетов современных методов математического моделирования и ЭВМ. Для этого в "Методических положениях" помимо структурных построений экономико-математических моделей шахт приведено решение наиболее сложных задач, составляющих основу плановых расчетов. В том числе: даны рекомендации по степени детализации исходных горно-

геологических данных о подлежащих разработке в будущем запасах шахтного поля; формализованы во взаимной связи календарные планы развития очистных и подготовительных работ; приведены принципы расчета пропускной способности транспортных и вентиляционных звеньев шахты, а также зольности угля.

I. Общие положения формирования шахтовариантов и построения экономико-математической модели шахты

I.I. При формировании шахтовариантов в зависимости от сложившегося на начало планового периода времени технического состояния и фактических горно-геологических условий на той или иной шахте необходимо прорабатывать следующие мероприятия: изменение границ шахтных полей; вовлечение в разработку участков, запасы которых временно отнесены к некондиционным; замена устаревшей и малопроизводительной горно-транспортной техники на прогрессивную и более производительную; внедрение новых систем разработки; варьирование раскройкой шахтопластов на выемочные поля и столбы, а также очередностью отработки последних. Эти мероприятия должны рассматриваться в комбинации с варьированием производственной мощности шахты за счет изменения числа одновременно действующих лав и их суточных режимов работы. В качестве самостоятельных могут быть представлены перечисленные варианты с осуществлением намеченных мероприятий в другие годы планового периода.

I.2. Разрабатываемые шахтоварианты и принимаемые в них технические решения должны соответствовать основным направлениям технического развития угольной промышленности СССР на соответствующий период планирования.

I.3. Мероприятия крупного масштаба, связанные с большой длительностью их осуществления (замена транспортных средств, прирезка к шахтному полю новых запасов и т.д.), необходимо назначать и оценивать по экономическим критериям в шахтовариантах, предназначенных для задачи перспективного планирования. Стоимость мероприятий подобного типа, выявленных в результате оптимизации перспективного плана, учитывается в шахтовариантах задач пятилетнего планирования, если календарное время последнего совпадает со временем проведения работ по модернизации производства.

I.4. В соответствии с требованиями задач пятилетнего и перспективного планирования технико-экономические показатели (ТЭП) по шахтовариантам необходимо определять не в среднем за весь плановый

период, а за отдельные интервалы времени, равные соответственно одному и пяти годам.

I.5. При разработке шахтовариантов необходимо учитывать технический прогресс. Общий период планирования не превышает среднюю длительность эксплуатации способов производства горных работ до наступления их морального старения. Поэтому достаточно учитывать плавный технический прогресс освоенной техники и технологии горного производства. Это можно сделать путем включения в состав производственных функций выражений, позволяющих изменять во времени технические нормативы, действующие на начало планового периода времени. Необходимо также учитывать изменения во времени цен на материалы, электроэнергию и оборудование, заработной платы трудящихся.

I.6. Функционирование шахты связано со скачкообразными качественными и количественными изменениями параметров ее состояния: выбытие в одних и ввод в других выемочных полях фронта очистных работ; исключение отдельных вентиляционных и транспортных звеньев из общешахтной сети и подключение к ней новых звеньев; переход к более прогрессивной технологии ведения горных работ и т.д. Поэтому задача генерирования множества различных направлений развития шахт является динамической. Для ее решения необходимы имитационные математические модели.

I.7. Весь срок службы шахты характеризуется такими стадиями развития, как: строительство ее, развитие горных работ на первом горизонте и отработка его запасов, подготовка запасов нового горизонта, отработка запасов второго горизонта и т.д. Заключительной стадией функционирования шахты является затухание горных работ на последнем горизонте.

При этом начало планового периода может совпасть с любой из перечисленных стадий, а длительность планового периода может превышать длительность одной или более стадий развития шахты. Формировать шахтовариант с помощью нескольких моделей весьма затруднительно, так как дополнительно возникает ряд сложных задач: организация потока информации между моделями, увязка и объединение выходных данных моделей и др. Поэтому в модели шахты должно быть формализовано функционирование объекта моделирования на всех стадиях его развития.

I.8. Модели шахт необходимо строить из подмоделей технологических звеньев и объектов производства, но не из технологических процессов. Это следует из того, что технологические процессы весьма трудно разделить, так как они взаимосвязаны. Так, очистные работы формируют календарный план проходческих работ. Разделение этих двух процессов (очистных и проходческих работ) повлечет за собой

накопление, хранение и организацию передачи от одной подмодели в другую большого объема промежуточных данных. Поперечные сечения выработок устанавливаются по факторам "вентиляция" и "транспорт". Поэтому строить аналогичные обособленные подмодели также нерационально. Перечень подмоделей должен соответствовать перечню основных технологических звеньев шахты.

I.9. Так как модель шахты предназначается для целей планирования, то в ней необходимо отображать лишь те стороны функционирования объекта исследования, которые являются существенными при установлении его плановых показателей. Это возможности шахты по объему добычи угля и его качеству, затраты материальных и трудовых ресурсов на производственную деятельность шахты. Поэтому в экономико-математической модели шахты должен быть предусмотрен следующий комплекс расчетов: определение размеров грузопотоков по звеньям и их пропускной способности; проверка соответствия пропускной способности звеньев и величины проходящих по ним потоков грузов; выбор мероприятий по увеличению пропускной способности звена, если она окажется меньше величины проходящего по нему потока; определение затрат на осуществление мероприятий, связанных с поддержанием и увеличением фронта очистных работ или с модернизацией технологии ведения горных работ; определение эксплуатационных издержек и трудовых затрат на функционирование звеньев, а также потребности оборудования.

I.I0. Для получения обоснованных плановых решений имитационную модель шахты необходимо строить на основе широкого использования действующих в отрасли технических и экономических норм и нормативов, а также инструкций и методик расчета параметров технологических процессов. Это типовые технологические схемы ведения горно-транспортных работ, инструкции и методики расчета параметров технологии добычи угля; типовые ряды машин и оборудования и их проектные технические показатели; инструкция о порядке финансирования горных работ; цены на оборудование, материалы, топливо и электроэнергию; нормы амортизационных отчислений; сроки службы машин и оборудования; требования правил безопасности и правил технической эксплуатации относительно предельных норм содержания вредных примесей в рудничной атмосфере, скоростей движения воздуха, поперечных размеров горных выработок, предельных скоростей движений транспортных средств; нормы темпов проведения выработок; типовые проекты организации труда и др.

I.II. В целях уменьшения трудоемкости работ и упрощения модели шахты при ее построении необходимо использовать результаты на-

учных исследований по вопросам установления параметров технологии горного производства на шахтах. Результаты этих исследований обобщены в работе /I/. В этом директивном документе даны генеральные направления развития технологии и техники горных работ, и, в частности, приведены рекомендации относительно размеров выемочных полей и способов их подготовки; условий применения систем разработки и способов проветривания горных работ; длин лав и организации работ в них; способов механизации очистных, проходческих и транспортных работ; параметров выработок и способов их охраны и др.

I.I2. Чтобы модель шахты была пригодна для формирования шахтовариантов значительной части шахт, разрабатывающих горизонтальные, пологие, наклонные и крутые пласты, в ней необходимо формализовать представительный перечень способов вскрытия шахтных полей, подготовки горизонтов и выемочных полей, технологии ведения очистных, подготовительных и транспортных работ.

В модели должно быть формализовано функционирование как вертикальных стволов, так и наклонных.

Необходимо рассматривать следующие варианты расположения откаточного и вентиляционного горизонтов относительно друг друга по вертикали: на разных уровнях при отработке только бремсберговых выемочных полей; на одном уровне; комбинированный вариант, когда бремсберговые выемочные поля проветриваются по прямоточной схеме (вентиляционный и транспортный квершлаг на разных уровнях), а уклонные поля - по возвратноточной, для чего на одном уровне с транспортным квершлагом пройден еще один вентиляционный квершлаг.

Перечисленные варианты расположения откаточного и вентиляционного горизонтов необходимо рассматривать в сочетании с панельной, этажной и погоризонтной подготовках выемочных полей.

Способы механизации очистных работ должны быть представлены тремя основными вариантами: с помощью механизированных комплексов; узкозахватными комбайнами или стругами в сочетании с индивидуальной крепью; широкозахватными комбайнами. Первый способ механизации очистных работ необходимо рассматривать в комбинации с типами механизированных крепей и очистных комбайнов (стругов).

I.I3. При исследовании экономико-математической модели шахты на оптимум, а также при отборе рационального числа шахтовариантов по вспомогательной экономико-математической модели необходимо применять косинус-метод линейного программирования, позволяющий сократить число итераций и машинное время решения задачи /8/, а также векторный /9/, топологический, аналитический /I0/ и энтропийный /II/ методы.

I.I4. Оптимизация развития и размещения угольной промышленности осуществляется на основе исследования ее экономико-математической модели, структуру которой определяют блок-варианты (инфра-варианты), представляющие собой сочетания вариантов развития определенных групп шахт.

2. Постановка задачи

2.I. Задача определения технико-экономических показателей работы шахты может быть сформулирована как задача отыскания их численных значений на базе заданного множества исходных данных, характеризующих шахту на начало планового периода, и регламентаций относительно направлений развития горных работ, а также совершенствования техники, технологии и организации горного производства.

2.2. Содержательная постановка задачи формирования вариантов развития шахты на период от 5 до 20 лет и определения их (вариантов) технико-экономических показателей состоит в следующем.

В задаче известны: начало $N_{пл}$ и длительность планового периода T ; длительность интервалов времени, на которые разбивается плановый период, $\Delta T_1 , \Delta T_2$; геометрические параметры и горно-геологические характеристики разрабатываемых и подлежащих разработке выемочных столбов и полей по вариантам раскройки пластов $\bar{P}_r$; множество параметров, характеризующих выемочное оборудование, технологию и организацию работ в действующих на начало планового периода времени лавах $\bar{P}_л$; технические параметры действующих на начало планового периода выработок и установленных в них транспортных средств $\bar{P}_б$; параметры околоствольного двора, стволов шахты и действующих в них подъемных установок; множество технических параметров, характеризующих технологические комплексы на поверхности шахты; параметры главных вентиляционных установок шахты; параметры режима работы шахты на начало планового периода $\bar{E}_ш$.

Перечисленные параметры являются параметрами состояния технологических звеньев шахты.

Управляющими параметрами и константами модели являются:

- параметры основных видов технологии очистных работ $\bar{F}_{оч}$, проведения выработок $\bar{F}_б$ и транспортных работ $\bar{F}_{тр}$;

- дата перехода работы шахты к новому режиму и его параметры $\bar{E}_{шб}$;

- параметры вариантов направлений движения и изменения величины фронта очистных работ $\bar{M}_{оч}$;

- параметры упорядоченных рядов организационно-технических мероприятий по увеличению пропускной способности выработок $\bar{B}_б$,

околоствольного двора, стволов, угольных и породных комплексов на поверхности шахты ;

- параметры упорядоченных рядов поперечных сечений выработок $\bar{N}_в$, очистного оборудования $\bar{N}_{оч}$, транспортного $\bar{N}_т$ и подъемного оборудования ;

- темпы изменений во времени действующих на начало планового периода технических нормативов для очистных $\bar{U}_{оч}$, проходческих $\bar{U}_{пр}$ и транспортных $\bar{U}_{тр}$ работ ;

- темпы изменения во времени зарплаты $\bar{U}_{зп}$, цен на материалы $\bar{U}_м$, стоимости оборудования $\bar{U}_{об}$ и электроэнергии $\bar{U}_э$;

- стоимостные показатели по элементам себестоимости на выполнение единицы объема горно-транспортных работ $\bar{C}_{ер}$, $\bar{t}_{ер}$.

Необходимо для каждого из технически допустимых сочетаний, управляющих воздействий по плановым интервалам времени, определить: объем добычи угля $Д_ш$ и его зольность $А_{зш}$, себестоимость добычи I т угля $С_ш$, производительность трудящихся шахты $Р_ш$, величину капиталовложений на развитие производства $К_ш$ с выделением затрат на оборудование и горные работы, фонд зарплаты трудящихся $Б_{зп}$, списочную численность трудящихся шахты $N_{тр}$, объемы проведения выработок $L_в$, потребное количество комплектов очистного оборудования $N_{кoч}$.

Выходные показатели планов работы шахты формируются на основе результатов расчета по каждому из ее технологических звеньев. Кроме того, определение ТЭТ шахтовариантов по отдельным плановым интервалам времени приводит к необходимости изменения параметров состояния шахты, что можно сделать только путем корректировки первоначальных значений параметров ее звеньев с учетом результатов их функционирования за прошедшее плановое время.

Таким образом, эту задачу необходимо рассматривать на уровнях отдельных технологических звеньев и на уровне шахты в целом.

2.2. В математической форме задача определения ТЭП вариантов развития шахты на перспективу представляется следующим образом.

2.3.I. На уровнях отдельных технологических звеньев.

2.3.I.I. По i-ому очистному забою k-го выемочного поля в j-том плановом интервале времени необходимо определить:

а) производительность очистного забоя и объем добычи угля из него за плановый интервал времени

$$А_{лikj} = Р_л(j, \Delta T_в, \bar{Р}_т, \bar{Р}_{лikj}, \bar{М}_{оч}, \bar{Е}_ш, \bar{U}_{об}) \text{ , т/сутки ;}$$

$$Д_{лikj} = \Delta T \, T_{сов} \sum_{z \in I}^{N_{оc}} А_{лzk} \, T_{р.лzk} \text{ , т;(I.I)}$$

б) необходимое количество воздуха для проветривания лавы

$$Q_{лikj} = W_1 (\bar{P}_г, \bar{P}_{очikj}, A_{лikj}) \quad , м^3/с ;$$

в) эксплуатационные издержки на ведение работ в лаве по n-ому элементу себестоимости:

$$C^n_{лikj} = q_{1i} (j, \Delta T_в, A_{лikj}, \bar{P}_{лikj}, \bar{M}_{оч}, \bar{C}^n_{ер}, \bar{U}_в, \bar{E}_ш) \quad , руб ;$$

г) трудовые затраты по лаве

$$T_{лikj} = t_1 (j, \Delta T_в, A_{лikj}, \bar{M}_{оч}, \bar{t}_{ер}, \bar{U}_{оч}, \bar{E}_ш) \quad , чел.смен ;$$

д) капиталовложения на выемочное оборудование лавы и его потребность

$$K_{лikj} = V_1 (j, \Delta T_в, \bar{P}_г, \bar{P}_л, \bar{N}_{оч}, \bar{F}_{оч}, \bar{M}_{оч}, \bar{C}_{ер}, \bar{U}_{об}) \quad , руб ;$$

$$G_{лikj} = n_1 (j, \Delta T_в, A_{лikj}, \bar{P}_л, \bar{M}_{оч}) \quad , комплектов;$$

е) состояние лавы на конец j-го планового интервала времени

$$\bar{P}_{лikj} = g_1 (\Delta T_в, \bar{P}_г, \bar{P}_{лik(j-1)}, A_{лikj}, \bar{F}_{оч}, \bar{M}_{оч}, \bar{N}_{оч}) ;$$

ж) депрессию лавы

$$H_{лikj} = U_1 (\bar{P}_г, \bar{P}_{лikj}, Q_{лikj}) , Па ;$$

з) содержание породы в горной массе, поступающей из лавы

$$R_{лikj} = r_1 (D_{лikj}, \bar{P}_г, \bar{P}_л, \bar{M}_{оч}) \quad , т;$$

2.3.1.2. По выработкам, примыкающим к i-ому очистному забою, в сложившихся условиях j-ого планового интервала времени определить:

а) величину грузопотока по транспортной выработке

$$A_{вbikj} = A_{лikj} + P_2 (\bar{P}_г, \bar{P}_л, \bar{P}_{вb}) \quad , т/сутки ;$$

б) количество воздуха, проходящего по выработкам, и их депрессию

$$Q_{вbikj} = W_2 (Q_{лikj}, \bar{P}_л, \bar{P}_{вb}) \quad , м^3/с ;$$

$$H_{вbikj} = U_2 (\bar{P}_{вbikj}, Q_{вbikj}) \quad , Па ;$$

в) пропускную способность выработок

$$V_{вbikj} = f_2 (j, \Delta T_в \ \bar{P}_г \ \bar{P}_{вb} \ \bar{E}_ш) \quad , т/сутки ;$$

г) стоимость работ на устранение несоответствия пропускных способностей выработок и проходящих по ним грузопотоков, а также эксплуатационные издержки на функционирование выработок и их проведение по n-ому элементу себестоимости

$$W^{n}_{вв ikj} = e_2\,(j, \Delta T_в, \mathcal{D}_{вв ikj}, Q_{вв ikj}, V_{вв ikj}, \bar{P}_г, \bar{P}_л, \bar{P}_{вв},$$
$$\bar{B}_{вв}, \bar{F}_{тр}, \bar{F}_{вв}, \bar{M}_{оч}, \bar{N}_в, \bar{C}_{ер}, \bar{U}_{пр}, \bar{E}_ш) \quad , \text{руб};$$

д) затраты труда на повышение пропускной способности выработок и их функционирование

$$T_{вв ikj} = z_2\,(j, \Delta T_в, \mathcal{D}_{вв ikj}, Q_{вв ikj}, V_{вв ikj}, \bar{P}_г, \bar{P}_л, \bar{t}_{ер},$$
$$\bar{P}_{вв}, \bar{B}_{вв}, \bar{F}_{тр}, \bar{F}_{вв}, \bar{M}_{оч}, \bar{U}_{пр}, \bar{N}_в, \bar{E}_ш) \quad , \text{чел.смен};$$

е) объем проведения выработок

$$L_{вв ikj} = d_2\,(j, \Delta T_в\, \bar{P}_г, \bar{P}_л, \bar{P}_{вв}, \mathcal{D}_{л ikj}, \bar{M}_{оч}, \bar{U}_{пр}, \bar{E}_ш) \quad , \text{м};$$

ж) капиталовложения на проведение выработок

$$K_{вв ikj} = V_2\,(j, \Delta T_в, \bar{P}_{вв}, \bar{F}_{вв}, L_{вв ikj}, \bar{C}_{ер}, \bar{E}_ш) \quad , \text{руб};$$

з) состояние выработок на конец j-го планового интервала времени

$$\bar{P}_{вв ikj} = g_2\,(\Delta T_в, \bar{P}_г\, \bar{P}_{вв ik(j-1)}\, \mathcal{D}_{л ikj}\, \bar{M}_{оч}) \quad ;$$

и) количество поступающей в добытый уголь породы при проведении и ремонте выработок

$$R_{вв ikj} = z_2\,(\bar{P}_г, \bar{P}_{оч}, \bar{P}_{вв ik(j-1)}, \bar{P}_{вв ikj}, L_{вв ikj}) \quad , \text{т};$$

к) объем угля из подготовительных забоев, поступающего в общешахтную добычу

$$\mathcal{D}_{вв ikj} = y_2\,(\bar{P}_г, \bar{P}_{оч}, L_{вв ikj}) \quad , \text{т}.$$

Аналогичный вид имеют выражения выходных показателей подмоделей, отображающих функционирование остальных технологических звеньев шахты по плановым интервалам времени.

2.3.2. На уровне предприятия задача заключается в том, чтобы определить следующие показатели работы шахты в j-ом интервале времени:

а) объем добычи угля

$$\mathcal{D}_{шj} = \sum_{k=1}^{B_2}\Big[\sum_{i=1}^{B_1}(A_{л ikj} + R_{вв ikj} + \mathcal{D}_{вв ikj}) + R_{нв kj} + \mathcal{D}_{нв kj} +$$
$$+ R_{кш kj} + \mathcal{D}_{кш kj}\Big] \quad , \text{т};$$

б) зольность добываемого угля

$$A_{кшj} = \frac{100\Big\{\sum_{k=1}^{B_2}\Big[\sum_{i=1}^{B_1}(R_{л ikj} + R_{вв ikj}) + R_{нв kj} + R_{кш kj}\Big] + R_{кв j}\Big\}}{\mathcal{D}_{шj}}, \%;$$

в) себестоимость добычи I т угля

$$C_{шj} = \frac{E_{зпj} + E_{аj} + E_{мj} + E_{эj} + E_{прj}}{\mathcal{D}_{ш}} + \mathcal{E}_{зп} + \mathcal{E}_а + \mathcal{E}_м + \mathcal{E}_э \;, \text{руб};$$

г) производительность труда рабочих

$$P_{шj} = \mathcal{D}_{шj}\Big\{\sum_{k=1}^{B_2}\Big[\sum_{i=1}^{B_1}(T_{л ikj} + T_{вв ikj}) + T_{нв kj} + T_{кш j}\Big] +$$
$$+ \sum_{n=1}^{B_3} T_{кв nj} + T_{оg j} + T_{ст вj} + T_{ост j} + \frac{\mathcal{E}_т}{K_{ср}}\Big\}^{-1}, \text{т/выход};$$

д) сумму капиталовложений

$$K_{шj} = \sum_{n=1}^{\beta_2}\left[\sum_{i=1}^{\beta_1}\left(K_{лiнj} + K_{ббiнj}\right) + K_{нвнj} + K_{ншнj}\right] + \sum_{n=1}^{\beta_2} K_{квпj} + K_{ogj} + K_{ствj} + K_{остj} \quad , руб;$$

е) списочную численность трудящихся шахты

$$N_{трj} = \frac{1}{T_{год}\,\Delta T_б}\left\{\sum_{n=1}^{\beta_2}\sum_{i=1}^{\beta_1}\left(K_{очj}\cdot T_{лiнj} + K_{прj}\cdot T_{ббiнj}\right) + K_{вр}\left[\sum_{n=1}^{\beta_2}\left(T_{нвпj} + T_{ншнj}\right) + \sum_{n=1}^{\beta_2} T_{квпj} + T_{ogj} + T_{ствj}\right] + K_{пов}\cdot T_{ост}\right\} + \mathcal{E}_т \quad , чел;$$

ж) годовой фонд зарплаты трудящихся шахты

$$F_{зпj} = \frac{1}{\Delta T_б}\left\{\sum_{n=1}^{\beta_2}\left[\sum_{i=1}^{\beta_1}\left(C^{g}_{лiнj} + C^{g}_{ббiнj}\right) + C^{g}_{нвнj} + C^{g}_{ншнj}\right] + \sum_{n=1}^{\beta_2} C^{g}_{квпnj} + C^{g}_{ogj} + C^{g}_{ствj} + C^{g}_{остj}\right\} + S_{ср}\,\mathcal{E}_т \quad ,руб;$$

з) объем проведения выработок

$$L_{бшj} = \sum_{n=1}^{\beta_2}\left[\sum_{i=1}^{\beta_1} L_{ббiнj} + L_{нвнj} + L_{ншнj}\right] + \sum_{n=1}^{\beta_2} L_{квпj} \quad , м;$$

и) потребность шахты в очистном оборудовании

$$N_{иочj} = \sum_{n=1}^{\beta_2}\sum_{i=1}^{\beta_1} G_{лiнj} \quad , комплектов.$$

В приведенных выражениях:

n_{oc} – число отрабатываемых выемочных столбов i-ой лавой;

$T_{р.лz}$ – время работы лавы в границах z-го выемочного столба, доли интервала;

β_2 – количество выемочных полей (панелей) в шахтном поле;

β_1 – количество действующих лав в выемочном поле;

$R_{нвк}, R_{нш}, R_{кв}$ – количество породы, поступающей в добычу при проведении и ремонте наклонных выработок панелей, участков коренных штреков и квершлагов, т;

$Д_{нвк}, Д_{кш}$ – объем угля из подготовительных забоев наклонных выработок панелей и участков коренных штреков, поступающего в общешахтную добычу, т;

$E_{зпj}$ – фонд зарплаты трудящихся шахты в j-ом плановом интервале времени, занятых на обслуживании основных технологических звеньев и процессов, руб;

$E_а, E_м, E_э$ – амортизационные отчисления, стоимость материалов и электроэнергии, расходуемых на функционирование основных звеньев производства в j-ом плановом интервале времени, руб;

$\mathcal{E}_{зп}$ – компонента элемента себестоимости "зарплата", учитывающая влияние на определяемый показатель второстепенных технологических звеньев и процессов, руб;

$\mathcal{E}_а, \mathcal{E}_м, \mathcal{E}_э$ – компоненты элементов себестоимости "амортизация", "материалы" и "электроэнергия", учитывающие влияние второ-

степенных технологических звеньев и процессов, руб ;

$T_{нвк}, T_{ншк}, T_{нв}, T_{од}, T_{ств}$ - трудовые затраты, связанные с повышением пропускной способности и функционированием наклонных выработок панелей, участков коренных штреков, квершлагов, околоствольного двора и стволов, чел-смен ;

$T_{ост}$ - трудовые затраты, связанные с повышением пропускной способности и функционированием главных вентиляционных установок, водоотлива, технологических комплексов на поверхности шахты, чел-смен ;

$\mathcal{E}_т$ - компонента численности трудящихся, учитывающая влияние на определяемый показатель второстепенных технологических звеньев и процессов, чел. ;

$K_{ср}$ - средний по шахте коэффициент списочного состава ;

$K_{нвк}, K_{ншн}, K_{нвр}, K_{од}, K_{ств}$ - капиталовложения на проведение наклонных выработок панелей, участков коренных штреков и квершлагов, а также на функционирование и увеличение пропускной способности околоствольного двора и стволов, руб ;

$K_{ост}$ - капиталовложения на функционирование и развитие главных вентиляционных установок, водоотлива и технологических комплексов на поверхности шахты, руб ;

$K_{оч}, K_{пр}, K_{пов}$ - коэффициенты списочного состава соответственно рабочих очистного забоя, прочих рабочих на подземных работах, рабочих на поверхности ;

$C^{j}_{лік}$ - заработная плата рабочих, занятых в i-ом очистном забое k-го выемочного поля, руб ;

$C^{j}_{вві к}, C^{j}_{нвк}, C^{j}_{ншк}, C^{j}_{нвр}, C^{j}_{од}, C^{j}_{ств}$ - зарплата трудящихся, занятых на повышении пропускной способности и обслуживании выемочных и наклонных выработок панелей, участков коренных штреков, квершлагов, околоствольного двора и стволов, руб ;

$C^{j}_{ост}$ - заработная плата трудящихся, занятых на увеличении пропускной способности и обслуживании главных вентиляционных установок, водоотлива, технологических комплексов на поверхности шахты, руб ;

$S_{ср}$ - среднегодовая зарплата трудящихся, руб ;

$L_{нвк}, L_{ншк}, L_{нв}$ - объем проведения наклонных выработок панелей, коренных штреков и квершлагов, м.

Все технологические звенья и процессы добычи угля по удельному весу издержек на их функционирование можно разделить на основные (очистные забои, выемочные выработки, наклонные выработки панелей, вентиляционные и транспортные коренные штреки и квершлаги, околоствольный двор, стволы, поверхностный комплекс, дегазация пластов

и вмещающих пород, кондиционирование воздуха, водоотлив) и второстепенные (монтаж и демонтаж оборудования общешахтного назначения, содержание средств автоматизации и управления производством, водоснабжение, объекты и средства безопасности работ и промышленной санитарии, производство пневматической энергии и др.).

Моделирование функционирования второстепенных звеньев и процессов из-за большого разнообразия их параметров представляет большую сложность. Все это приводит к необходимости определения эксплуатационных издержек на функционирование этих процессов по упрощенной схеме, которая заключается в следующем.

Вначале для состояния конкретной шахты на предплановый год эксплуатационные издержки с разделением на элементы себестоимости и трудовые затраты определяются с учетом функционирования только основных технологических звеньев и процессов производства. Разности между уровнями фактически достигнутых шахтой в предплановом году и определенных с помощью расчета издержек будут являться эксплуатационными издержками по второстепенным технологическим звеньям и процессам $\mathcal{E}_{вл}, \mathcal{E}_{а}, \mathcal{E}_{м}, \mathcal{E}_{э}$. Они принимаются постоянными для каждого интервала времени планового периода конкретной шахты. Естественно, в разности между фактическими эксплуатационными издержками и расчетными может быть и доля затрат по основным звеньям производства, обусловленная отступлениями от предписаний типовых технологических схем ведения работ, содержанием на шахтах сверхнормативного дорогостоящего оборудования и работой шахт в воскресные дни.

3. Информационная база задачи

3.1. Состав исходной информации определяется постановкой задачи и требованиями существующей системы показателей планов. Степень детализации исходной информации о шахте зависит от глубины прогнозирования плановых показателей и длительности интервалов времени, на которые разделяется весь плановый период. В задачах пятилетнего планирования плановый период разделяется на интервалы, каждый из которых равен одному году. В средних горно-геологических условиях Донбасса за год отрабатывается приблизительно один выемочный столб. Вследствие этого, в задачах пятилетнего планирования горно-геологическую информацию допустимо усреднять в границах выемочных столбов. Для задач с большей глубиной прогнозирования ТЭП работы шахты горно-геологическую информацию следует усреднять в границах выемочных полей (панелей). Отсюда следует, что для формирования информации о шахте предварительно должна быть выполнена раскройка пластов на выемочные поля и столбы.

3.2. Исходя из принятой степени усреднения горно-геологических данных, и с учетом степеней влияния отдельных природных характеристик шахтного поля на значения определяемых в модели ТЭП рекомендуется следующая структура исходной информации.

Вся информация о природных характеристиках пласта и параметрах технологии очистных, проходческих и транспортных работ в его границах разделяется на четыре группы. Первая часть информации характеризует каждый выемочный столб и выемочный участок (лава и примыкающие к ней выработки), вторая - усреднена в границах выемочного поля (панели), третья и четвертая представляется в среднем соответственно по крылу пласта и пласту в целом.

3.3. Необходимый перечень информации о выемочном участке приведен в табл. I.

Таблица I.

Исходная информация о выемочном участке

№ пп	Показатели	Ед. изм.	Область значений показателей
I	2	3	4
I	Система разработки	-	Столбовая с одинарными лавами, то же со спаренными лавами, сплошная, комбинированная, столбовая с прямоточным проветриванием
2	Технология очистных работ	-	С помощью механизированных комплексов, с помощью индивидуальной крепи и узкозахватных комбайнов, с помощью широкозахватных комбайнов
3	Длина лавы	м	В соответствии с параметрами выемочной техники
4	Число смен работы лавы в сутки	шт	I ; 2 ; 3 ; 4
5	Вид комбайна (струга)	-	
6	Порядок работы комбайна	-	Челноковый, односторонний
7	Тип механизированной крепи	-	
8	Время эксплуатации выемочного оборудования	лет	
9	Сечение транспортной выработки, примыкающей к лаве	$м^2$	
I0	То же вентиляционной выработки	$м^2$	

Продолжение таблицы I

I	2	3	4
II	Вид крепи транспортной выработки, примыкающей к лаве.	-	Арочная металлическая, сборная железобетонная, деревянная
I2	То же вентиляционной выработки	-	То же
I3	Запасы угля разрабатываемого столба на начало планового периода	т	
I4	Вынимаемая мощность пласта	м	0,6 - 3,5
I5	Мощность обрушающегося слоя породы	м	0,0 + 0,4
I6	Пластово-промышленная зольность угля	%	
I7	Время устойчивого обнажения кровли	мин	
I8	Несущая способность почвы	кПа	
I9	Категория устойчивости пород кровли	-	Неустойчивые, средней устойчивости, устойчивые

Из этого перечня данных первый и 9+I2 показатели используются для определения расходов воздуха и потери депрессии выработок выемочного участка, а также для установления объемов проведения и поддержания последних; все остальные показатели - для определения суточной нагрузки на лаву. Показатель "время эксплуатации выемочного оборудования" используется при определении времени замены очистного и транспортного оборудования выемочного участка, что, в свою очередь, предопределяет общую потребность его во времени.

3.4. Неотрабатываемый (резервный) выемочный столб характеризуют следующие показатели (строки I3+20 табл. 2): мощность пласта, длина и ширина столба, мощность подлежащего обрушению при выемке угля слоя породы, пластово-промышленная зольность угля, время устойчивого обнажения кровли, несущая способность почвы, категория устойчивости пород кровли.

3.5. В границах выемочного поля (табл. 2) усреднены физико-механические свойства угля, относительная газообильность выработок, вид пород кровли. По каждому выемочному полю также задаются длина по падению, число крыльев, способ подготовки, длина подготавливающих выемочное поле коренных штреков, параметры подготавливающих панель выработок и установленных в них транспортных средств,

число действующих лав и резервных выемочных столбов, емкость аккумулирующего бункера и длина разминовки, способ выемки угля и пород на подготовительных работах (совместная или раздельная), остаточная стоимость горных выработок и транспортного оборудования, рекомендации относительно систем разработки и технологии ведения очистных работ на вновь подготавливаемых выемочных столбах. Первые четыре показателя (табл. 2) являются координатами положения выемочного поля в шахтном поле. Они используются при формировании сети горных выработок и определении объемов горных работ, выполняемых для подготовки запасов угля к выемке. Для этих целей также используются геометрические размеры выемочных полей и способы их подготовки.

В целях сокращения объема исходной информации однородные по горно-геологическим характеристикам резервные выемочные столбы панели возможно объединять в группы (строки 12÷39 табл. 2).

Таблица 2.

Исходная информация о выемочном поле (панели)

№ пп	Показатели	Ед. изм.	Область значений показателей
I	Принадлежность выемочного поля (панели) к пласту	-	
2	Принадлежность выемочного поля к крылу пласта	-	Левое, правое
3	Порядковый номер выемочного поля в крыле пласта в направлении от квершлага к границе шахтного поля	-	
4	Положение выемочного поля относительно откаточного горизонта	-	В бремсберговом и уклонном полях
5	Признак состояния выемочного поля	-	Поле отработано, поле разрабатывается, поле резервное
6	Сопротивляемость угля резанию	Н/см	
7	Физико-механические свойства угля	-	Вязкие, хрупкие и весьма хрупкие угли
8	Эффективность дегазации пласта в границах выемочного поля	доли ед.	
9	Относительная газообильность выработок выемочного поля, обусловленная газовыделением из разрабатываемого пласта	$м^3/т$	

Продолжение таблицы 2.

I	2	3	4
I0	Относительное газовыделение из выработанного пространства	$м^3/т$	
II	Объемный вес угля	$т/м^3$	
I2	Количество однородных столбов первой группы	-	
I3	Длина столба	м	
I4	Ширина столба	м	
I5	Вынимаемая мощность пласта	м	0,6-3,5
I6	Мощность обрушающегося слоя породы	м	0,0-0,4
I7	Пластово-промышленная зольность угля	%	
I8	Время устойчивого обнажения кровли	мин	
I9	Несущая способность почвы	кПа	
20	Категория устойчивости пород кровли	-	Неустойчивые, оредней устойчивости, устойчивые
2I	Количество однородных столбов второй группы	-	
22	Длина столба	м	
...			
30	Количество однородных столбов третьей группы	-	
3I	Длина столба	м	
...			
40	Сечение транспортной наклонной выработки панели	$м^2$	
4I	Сечение ходка № I при бремсберге (уклоне)	$м^2$	
42	Сечение ходка № 2	$м^2$	
43	Сечение фланговых вентиляционных ходков	$м^2$	
44	Вид крепи панельного бремсберга (уклона)	-	Арочная металлическая, сборная железобетонная, деревянная

Продолжение таблицы 2.

I	2	3	4
45	То же ходка № I	-	
46	Ширина целиков, охраняющих наклонные выработки панели	м	
47	Приемная способность панельного конвейера	$м^3$/мин	
48	Число последовательно устанавливаемых конвейеров по бремсбергу (уклону)	шт	
49	Вид вспомогательного транспорта по бремсбергу (уклону)	-	Одноконцевой подъем, монорельсовые установки
50	Вид вспомогательного транспорта по ходку № I при бремсберге (уклоне)	-	То же
5I	Остаточная стоимость бремсберга (уклона) с ходками	руб.	
52	Технология проведения наклонных выработок панели	-	С помощью буровзрывных работ, с помощью проходческих комбайнов
53	Способ выемки угля и пород при проведении наклонных выработок	-	Раздельный, совместный
54	Технология проведения выработок, примыкающих к лавам	-	С помощью буровзрывных работ, с помощью комбайнов, широким ходом
55	Способ выемки угля и пород при проведении примыкающих к лавам выработок	-	Раздельный и совместный
56	Вид вспомогательного транспорта по выработкам, примыкающим к лавам	-	Одноконцевой подъем, монорельсовые установки, малогабаритные электровозы
57	Длина выемочного поля	м	
58	Наклонная высота выемочного поля	м	
59	Количество крыльев панели	шт	I ; 2
60	Промышленные запасы угля выемочного поля	т	
6I	Число ярусов в панели		
62	Способ подготовки выемочного поля	-	Панельный с расположением наклонных ходков при

Продолжение таблицы 2.

I	2	3	4
			бремсберге (уклоне) и на флангах панели, по-горизонтный
63	Число одновременно действующих лав в выемочном поле	шт	I-3
64	Расстояние от квершлага до погрузочного пункта выемочного поля	м	
65	Сечение транспортного коренного штрека, подготавливающего выемочное поле	$м^2$	
66	То же вентиляционного штрека	$м^2$	
67	Вид крепи участка транспортного коренного штрека	-	Арочная металлическая, железобетонная сборная, деревянная
68	То же вентиляционного штрека	-	То же
69	Остаточная стоимость участка транспортного коренного штрека	руб.	
70	То же вентиляционного штрека	руб	
71	Число рельсовых путей на участке транспортного коренного штрека	шт	I ; 2
72	Приемная способность конвейера, установленного на участке транспортного коренного штрека	$м^3$/мин	
73	Длина обходной выработки у погрузочного пункта панели	м	
74	Емкость панельного бункера	$м^3$	
75	Тип панельного бункера	-	Горный, механизированный
76	Год внедрения новой технологической схемы очистных работ	лет	В пределах планового периода
77	Технология очистных работ, рекомендуемая для вновь подготавливаемых лав	-	С помощью механизированных комплексов, применение в забоях индивидуальной крепи и узкозахватных комбайнов
78	Система разработки, рекомендуемая для вновь подготавливаемых лав	-	Длинные столбы, сплошная, комбинированная, длинные столбы с прямо-

Продолжение таблицы 2.

I	2	3	4
			точным проветриванием
79	Год внедрения новых систем разработки	лет	
80	Число смен работы в сутки вновь подготавливаемых лав	шт	I; 2; 3; 4
8I	Год перехода работы лав при новом числе смен в сутки	лет	
82	Тип комбайна, рекомендуемого для отработки новых столбов выемочного поля	-	
83	Порядок работы комбайна на новых выемочных участках	-	Челноковый, односторонний
84	Тип механизированной крепи, рекомендуемой для новых лав	-	
85	Сечения участковых транспортных выработок, подготавливающих новые лавы	$м^2$	
86	То же вентиляционных выработок	$м^2$	
87	Вид крепи участковых транспортных выработок	-	Арочная металлическая, сборная железобетонная, деревянная
88	То же вентиляционных выработок	-	То же
89	Порядок отработки столбов в выемочном поле	-	Сверху вниз при панельной и прямой при погоризонтной подготовке выемочного поля; снизу вверх при панельной и обратный при погоризонтной подготовке выемочного поля

Формирование параметров технологии и механизации очистных работ для вновь подготавливаемых столбов производится на основе данных, представленных в строках 76–88. Кроме параметров технологии и механизации очистных работ, здесь содержатся данные о системах разработки, о режимах работы лав, о параметрах примыкающих к лавам выработок. Для каждого из рекомендуемых на перспективу параметров приводятся два числа: величина параметра и дата (интервал или год) его реализации при подготовке новых лав. Показатель "порядок отработки столбов в выемочном поле" (строка 89, табл. 2) используется при формировании сети выработок шахтопласта и определении объемов

проведения наклонных выработок панелей, а также вентиляционных и транспортных коренных штреков, депрессий и затрат на поддержание этих выработок.

3.6. В границах крыла пласта (табл. 3) усреднен угол его падения. В массив информации о крыле пласта также отнесены следующие технологические параметры: расположение коренных штреков относительно пласта, число панелей в уклонном и бремсберговом полях, общее число резервных столбов в крыле пласта, способ транспортирования горной массы из подготовительных забоев. Показатель "Уровень приоритета в темпах отработки запасов крыла" указывает на преимущество развития очистных работ одного крыла пласта перед другим. Он используется при формировании вариантов календарных планов развития горных работ. Показатель 9 необходим при определении затрат на проведение коренных штреков в границах крыла пласта и при расчетах объемов породы, засоряющих добычу из очистных забоев. Этот показатель при решении последней задачи рассматривается в сочетании с показателем II "Способ транспортирования горной массы из подготовительных забоев".

3.7. Природная газоносность угля, выход летучих веществ, марка и влажность угля, его объемный вес, прочностные характеристики пород кровли и почвы, расстояние до нижележащего пласта, а также ряд коэффициентов, учитывающих гидрогеологические условия и выбросоопасность угля и пород, усреднены в границах пласта (табл. 4). В перечень информации о пласте включены также параметры вскрывающих пласт квершлагов и установленных в них транспортных средств.

Количество показателей, характеризующих пласт в целом, составляет около 30 наименований. Таким образом, для разрабатываемого пласта, в каждом из двух крыльев которого может быть раскроено по две панели с тремя одновременно действующими лавами, необходимо представлять около 650 показателей.

Таблица 3.

Исходная информация о крыле пласта

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Область значений показателей
I	2	3	4
I	Признак состояния крыла	-	Не подлежит разработке, крыло пласта отработано, крыло разрабатывается, крыло пласта резервное
2	Уровень приоритета в темпах отработки запасов крыла	-	Минимальный, максимальный

Продолжение табл. 3.

I	2	3	4
3	Угол падения пласта	град.	
4	Число выемочных столбов в выемочных полях крыла		
5	Количество выемочных полей (панелей) в крыле пласта	шт.	
6	Расположение транспортного коренного штрека относительно пласта	-	Полевое, пластовое
7	То же вентиляционного коренного штрека	-	То же
8	Технология проведения коренных штреков	-	С помощью буровзрывных работ, с помощью проходческих комбайнов
9	Способ выемки угля и пород при проведении коренных штреков	-	Раздельный, совместный
I0	Способ увеличения пропускной способности транспортного коренного штрека	-	Расширение действующей выработки, проведение параллельной выработки
II	Способ транспортирования горной массы из подготовительных забоев	-	Раздельный, совместный

Таблица 4.

Исходная информация о пласте

№ пп	Показатели	Ед. изм.	Область значений показателей
I	2	3	4
I	Номер пласта в порядке залегания сверху вниз	-	
2	Признак состояния пласта	-	Пласт не подлежит разработке, пласт отработан, пласт разрабатывается, пласт резервный
3	Признак метода расчета газообильности пласта	-	По метаноносности, по горностатистическому методу
4	Природная газоносность угля	$м^3/т$	
5	Выход летучих веществ	%	
6	Природная влажность угля	%	

Продолжение таблицы 4.

I	2	3	4
7	Марка угля	-	Каменный, тощий, антрацит
8	Вид пород кровли пласта	-	
9	Расстояние от пласта до базовой плоскости по горизонтали	м	
I0	Крепость угля по шкале М.М. Протодьяконова	-	
II	Крепость пород по шкале М.М. Протодьяконова	-	
I2	Устойчивость боковых пород	-	
I3	Эффективность дегазации подрабатываемой угленосной толщи	доли ед.	
I4	Эффективность дегазации надрабатываемой угленосной толщи	-"-	
I5	Сечение участка транспортного квершлага, вскрывающего пласт		
I6	То же участка вентиляционного квершлага	$м^2$	
I7	Вид крепи участка транспортного квершлага	-	Арочная, металлическая, железобетонная, деревянная, из монолитного бетона
I8	То же вентиляционного квершлага	-	То же
I9	Остаточная стоимость участков транспортного и вентиляционного квершлагов	руб.	
20	Количество ж.д. путей на участке транспортного квершлага	шт.	I ; 2
2I	Приемная способность ленточного конвейера, установленного на участке транспортного квершлага	$м^3$/мин	
22	Число последовательно установленных конвейеров	шт.	
23	Гидрологические условия проведения выработок	-	
24	Выбросоопасность угля и газа	-	

Продолжение таблицы 4.

I	2	3	4
25	Степень пучения почвы	-	
26	Степень использования крепи выработок при увеличении их сечений	-	

3.8. Установление положения пластов относительно друг друга, а также относительно околоствольного двора (точки своза грузов), вертикальных воздухоподводящих и воздухоотводящих стволов вкрест простирания необходимо производить с помощью координат, отсчитываемых по горизонтали от условной базовой плоскости до каждого из пластов. Под базовой плоскостью понимается условная плоскость, параллельная пластам свиты и расположенная над самым верхним или под самым нижним из них.

3.9. Примерный перечень информации о решаемой задаче, а также о некоторых технологических процессах и объектах общешахтного характера приведен в табл. 5.

Таблица 5.

Информация об объектах общешахтного характера

№№ пп	Показатели	Ед. изм.	Область значений показателей
I	2	3	4
I	Длительность имитации работы шахты	лет	I - 26
2	Длительность интервала времени, за который усредняются ТЭП работы шахты	лет	0,5 - 5,0
3	Первый календарный год планового периода	-	
4	Количество вариантов изменения числа действующих лав шахты	шт.	Не ограничено
5	Число вариантов направлений развития горных работ	-	То же
6	Число пластов в шахтном поле	-	- " -
7	Категория шахты по газу	-	
8	Расположение откаточного и вентиляционного горизонтов относительно друг друга по вертикали	-	На одном уровне, на разных уровнях

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4
9	Промышленные запасы угля действующего горизонта	т	
10	Промышленные запасы угля на новых горизонтах	т	
11	Расстояние от поверхности до откаточного горизонта	м	
12	Температура рудничной атмосферы в очистных забоях	град	
13	Расположение главных стволов	-	Центрально-отнесенное, центрально-сдвоенное, фланговое
14	Расстояние от поверхности до вентиляционного горизонта	-	
15	Вид главного транспорта шахты	-	Конвейерный, локомотивный
16	Вид вспомогательного транспорта шахты	-	Локомотивный, монорельсовые установки
17	Ширина рельсовой колеи	мм	
18	Количество выемочных полей в шахтном поле	шт.	
19	Длительность смены на очистных работах	час	
20	Число дней работы шахты в году по добыче угля на начало планового периода	дней	260 + 240
21	Дата перехода к новому режиму работы шахты		
22	Число дней работы шахты по добыче угля при новом режиме	дней	
23	Суммарная мощность электрических установок шахты	квт	
24	Время замены транспортных средств на откаточном горизонте шахты	год	
25	Вид новых транспортных средств	-	Конвейерный, локомотивный
26	Сцепной вес новых локомотивов	т	
27	Новая ширина рельсовой колеи	мм	

Продолжение таблицы 5.

I	2	3	4
28	Тип новой угольной вагонетки	-	Глухие, с откидным днищем
29	Емкость новой угольной вагонетки	$м^3$	
30	Тип эксплуатируемых магистральных электровозов	-	Аккумуляторные, контактные
3I	Сцепной вес эксплуатируемых магистральных электровозов	т	
32	Количество электровозов на откаточном горизонте	шт	
33	Тип эксплуатируемых угольных вагонеток	-	Глухие, с откидным днищем
34	Емкость вагонетки	$м^3$	
35	Количество вагонеток на шахте	шт	
36	Руководящий уклон ж.д. путей	‰	
37	Длина двухпутного участка квершлага, вскрывающего пласты висячего бока свиты относительно главного ствола		
38	То же, вскрывающего пласты лежачего бока свиты	м	
39	Расстояние от базовой плоскости до главного скипового ствола	м	
40	Время выполнения маневровых операций локомотивом в околоствольном дворе	мин	
4I	Продолжительность работы общешахтного транспорта в сутки	час	
42	Тип околоствольного двора	-	Круговой, петлевой, тупиковый, челноковый
43	Число вагонеток, одновременно опрокидываемых в опрокидывателе	шт	
44	Число одновременно работающих опрокидывателей	шт	
45	Остаточная стоимость выработок и оборудования околоствольного двора	руб	

Продолжение таблицы 5.

I	2	3	4
46	Средний приток воды в шахту	$м^3$/час	
47	Вид отвалообразования	-	Автомобильный транспорт, ж.д. транспорт, с помощью скипов
48	Расстояние транспортировки породы в отвал	км	
49	Остаточная стоимость породного хозяйства	руб	
50	Протяженность ж.д. путей на станции погрузки угля	км	
5I	Протяженность автодороги поверхностного комплекса	км	
52	Остаточная стоимость зданий и сооружений на поверхности шахты	руб	
53	Темпы роста нагрузки на лаву	%/год	
54	Темпы роста производительности труда проходчиков	-"-	
55	Темпы роста производительности труда рабочего на подземном транспорте	-"-	
56	Темпы изменения цен на материалы	-"-	
57	Темпы изменения цен на оборудование	-"-	
58	Темпы изменения заработной платы	-"-	
59	Темпы изменения нормативных скоростей проведения выработок	-"-	

Из числа этой группы показателей следует отметить следующие.

Объемы проходческих работ шахты в ψ -ом плановом интервале времени зависят от объемов добычи, направлений движения фронта очистных работ и технологии их ведения в последующих интервалах. Поэтому для нескольких последних лет планового периода эти объемы работ и соответствующие им капитальные и эксплуатационные издержки необходимо устанавливать с учетом объемов добычи и календарного плана развития очистных работ в интервалы времени, выходящие за

пределы планового периода. Следовательно, длительности имитации работы шахт на моделях должны быть более плановых периодов. Превышение времени имитации на модели над длительностью планового периода зависит от величины запасов действующего горизонта по состоянию на последний год планового периода. Интересующий исследователя плановый срок работы шахты при имитации должен быть увеличен на 3 и 6 лет для шахт, сроки отработки запасов действующих горизонтов которых по состоянию на последний плановый год равны не менее 7 и менее 7 годам соответственно.

Длительность интервалов времени (показатель 2), на который разбивается плановый период, следует задавать в диапазоне от I до 5 лет. Показатели 4 и 5 будут пояснены в разделе 4.

3.I0. В экономико-математической модели шахты необходимо предусматривать изменение недельного режима работы предприятия в течение планового периода. Для этого, кроме числа дней работы шахты в году по добыче угля на начало планового периода, задается дата перехода к новому режиму работы шахты и число рабочих дней при новом режиме (показатели 2I и 22).

3.II. С помощью показателей 53, 54, 55 и 59 учитывается влияние технического прогресса на уровень технико-экономических показателей работы шахты. Показатели 56, 57, 58 позволяют учесть изменения во времени цен на материалы и оборудование, а также заработной платы трудящихся.

Остальные показатели табл. 5 пояснений не требуют.

4. Принципы формализации основных технологических процессов шахты

4.I. Календарный план развития очистных и подготовительных работ.

4.I.I. В задачах пятилетнего и перспективного планирования объемов добычи угля важнейшее место занимает календарное планирование направлений развития горных работ. Здесь под направлением развития горных работ подразумевается изменение величины фронта очистных и подготовительных работ и его движение во времени и пространстве. Тот или иной календарный план развития горных работ шахты обусловливает по плановым интервалам времени объемы горных работ и добычи, зольность угля и экономические показатели при обязательном соблюдении норм технической эксплуатации и безопасности.

Как выше было отмечено, развитие горных работ на шахтах характеризуется скачкообразными изменениями их качественных и количественных параметров. Кроме того, при выборе порядка ведения горных работ на угольной шахте необходимо учитывать ряд технологичес-

ких ограничений, исключающих подработку запасов вышележащих пластов горными работами нижележащего. Поэтому в модели шахты задачу календарного планирования необходимо решать посредством метода сравнения вариантов. Основные принципы этого метода заключаются в следующем.

4.I.2. Основными управляющими параметрами вариантов развития горных работ шахты являются интенсивность и очередность отработки выемочных полей, крыльев пластов и пластов в целом. Интенсивность отработки выемочных полей изменяется за счет варьирования количества одновременно отрабатываемых выемочных столбов, режимов и технологии работы лав. Вариации очередности и интенсивности отработки запасов пластов и их крыльев формируется путем изменения адресов возмещения выбывающего фронта очистных работ. Адресами являются номера (наименования) пластов и их крыльев.

В целях увеличения разнообразия календарных планов развития очистных работ направления перехода лав для каждого пласта задаются по двум адресам: первый - для лав, выбывающих в результате отработки запасов выемочного поля; второй - для лав, выбывающих в результате отработки запасов всего пласта. Направления развития горных работ в границах пласта регламентируются уровнями приоритета в темпах отработки запасов его крыльев. Переадресованные i-ому пласту очистные забои возмещаются, в первую очередь, в панелях того крыла, уровень приоритета которого максимален. Номер выемочного поля в крыле выбирается в зависимости от величины запасов и нагрузки на выемочные поля, а также параметров наклонных выработок панелей.

Для каждого шахтопласта адреса направлений движения фронта очистных работ могут задаваться в нескольких вариантах (показатель 5, табл. 5). Последние составляются на стадии подготовки исходной информации о шахте и на основе анализа природных характеристик угольных пластов. Необходимо предусматривать также варьирование уровней приоритета в темпах отработки запасов крыльев пластов. При этом учитывать опасность подработки запасов вышележащего пласта горными работами нижележащего.

Информация о вариантах направлений движения фронта очистных работ конкретной шахты представляется в виде таблицы. Для каждого пласта шахтного поля отводится две колонки. В этих колонках указываются номера пластов, в границах которых возмещается выбывающий фронт очистных работ в результате отработки запасов выемочного поля и пласта в целом.

4.I.3. Поясним изложенное на конкретном примере. Шахтное поле

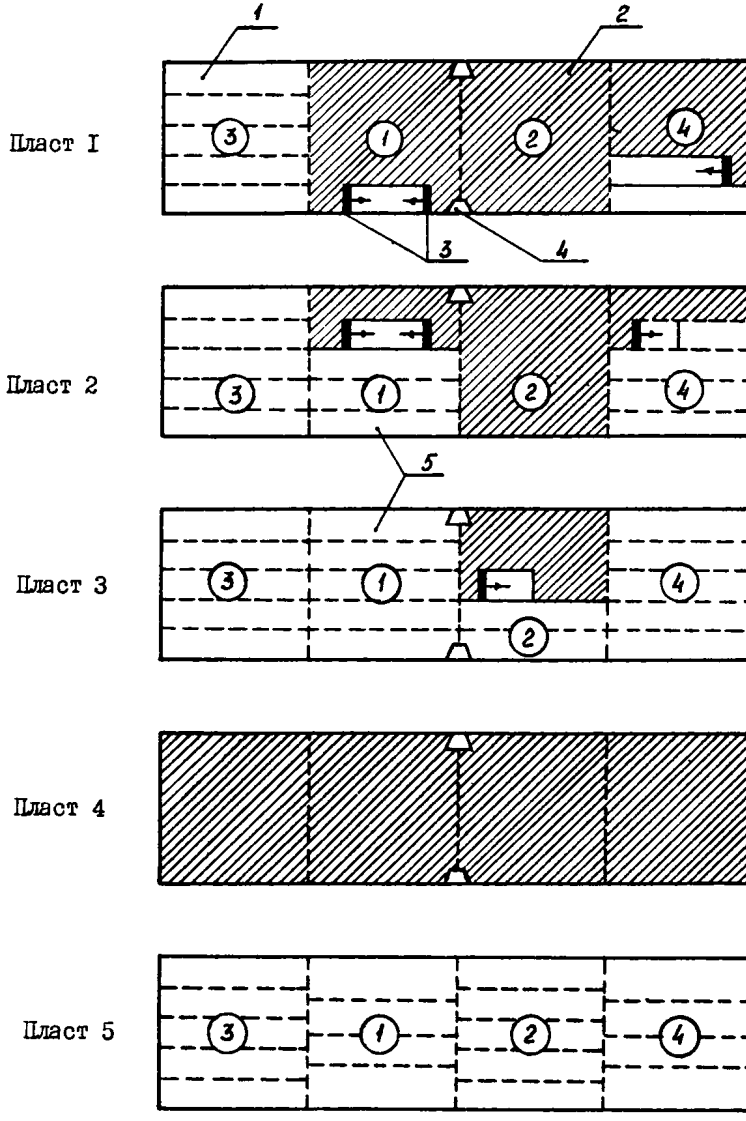
шахты "А" (см. рисунок) представлено пятью пологими пластами, нумерация которых соответствует их порядку залегания сверху вних. В левом крыле пласта I запасы одного выемочного поля дорабатываются, а второе поле резервное. В правом крыле этого пласта только один резервный выемочный столб. В границах шахтопласта 2 в отработке находятся два выемочных поля с тремя действующими лавами, одно поле отработано и одно резервное. На пласте 3 одна действующая и три резервные панели. Запасы четвертого пласта отработаны. На пятом пласте горные работы не ведутся. Применительно к данной раскройке шахтопластов и состоянию фронта очистных работ в табл. 6 приведено четыре варианта направлений развития горных работ на действующем горизонте. Первый вариант направлений движения фронта очистных работ по пластам (строка I) заключается в следующем.

После отработки запасов любой из панелей первого пласта выбывшие из числа действующих лавы будут подготовлены в других панелях этого же пласта. При этом, если приоритет в темпах отработки запасов правого крыла пласта I окажется выше, чем левого, то одна из лав выемочного поля I может найти свое продолжение в выемочном поле 4, где имеется один резервный столб. Для этого вначале будет произведено выявление возможности увеличения фронта очистных работ на одну лаву в границах выемочного поля 4.

Эта возможность выявляется по пропускной способности воздухо- и грузопотоков наклонных выработок панелей. Пропускную способность выработок панелей по фактору "транспорт" считать ограничением нецелесообразно, и поэтому в необходимых случаях предусматривать замену транспортных средств бремсберга (уклона) на более производительные. Если не окажется возможности ввода в число действующих дополнительной лавы в границах выемочного поля 4, то одна или обе лавы будут переадресованы в резервное выемочное поле 3, расположенное в левом крыле пласта I. При преимущественных темпах отработки запасов левого крыла пласта выбывшие из числа действующих лавы панели I будут переадресованы выемочному полю 3 этого же пласта. После отработки запасов всего пласта I его фронт очистных работ будет возмещен в границах пласта.2.

По аналогичному алгоритму будет происходить движение фронта очистных работ на пластах 2, 3 и 5.

В случае невозможности размещения дополнительных лав в границах пласта (отсутствие резервных столбов или резерва пропускной способности наклонных выработок панелей), фронт очистных работ будет возмещен по второму адресу, предусматривающему переход по причине отработки запасов всего пласта.



План горных работ и раскройка пластов на выемочные поля и столбы: I – резервное выемочное поле; 2 – отработанное выемочное поле; 3 – действующие очистные забои; 4 – квершлаг; 5 – резервные выемочные столбы; (кружками обведены номера выемочных полей).

Таблица 6.

Варианты направлений движения фронта очистных работ

Номера вариантов	Номера пластов шахтного поля									
	I		2		3		4		5	
	Номера пластов, в границах которых возмещается выбывающий фронт очистных работ в результате отработки запасов									
	панели	пласта	панели	пласта	панели	пласта	панели	пласта	панели	пласта
I	I	2	2	3	3	5	-	-	5	5
2	I	3	2	3	3	5	-	-	5	5
3	3	3	2	I	3	5	-	-	5	5
4	I	5	2	3	3	5	-	-	5	5

Во втором варианте направлений развития очистных работ после отработки запасов пласта I его фронт очистных работ будет возмещен в границах пласта 3. В результате этого темпы отработки запасов пласта будут выше, чем в первом варианте календарного плана. Возможен и такой вариант, когда необходимо отработать подготовленные запасы одного пласта и переключиться к отработке запасов другого пласта, несмотря на наличие резервных выемочных полей в границах первого. Подобный случай запланирован по пласту I в третьем варианте направлений развития фронта очистных работ. Здесь после отработки запасов панелей I и 4 горные работы прекратятся, и более интенсивно будут отрабатываться запасы пласта 3. Но после отработки запасов пласта 2 очистные работы по пласту I снова возобновятся.

Рассмотренный пример показывает, что метод вариантов позволяет формировать достаточно большое разнообразие календарных планов отработки запасов выемочных полей. При этом трудоемкость назначения вариантов и их кодировки незначительна, так как предварительные ручные расчеты для этого не требуются.

4.I.4. Уровень добычи шахты во времени может изменяться как за счет изменения нагрузок на лавы в связи с отработкой различных по горно-геологическим характеристикам выемочных столбов и полей, так и за счет ввода дополнительных лав или уменьшения числа действующих очистных забоев. Первый фактор проявляется в направлениях движения фронта очистных работ. Воздействие второго фактора на уровень добычи можно реализовать также с помощью метода вариантов.

Варианты изменения числа одновременно действующих лав характеризуются следующими показателями: количеством дополнительно вводимых или выбывающих из числа действующих лав; временем реализации события с указанием номера пласта, нагрузка на который изменяется.

Применительно к раскройке пластов на выемочные поля и столбы шахты "А" на начало планового периода в табл. 7 приведено 4 варианта изменения числа одновременно действующих лав во времени и пространстве.

В таблице по 7 столбцов отведено для количественного изменения числа одновременно действующих лав по отдельным интервалам планового периода и для номеров пластов, в границах которых реализуется изменение мощности шахты.

Таблица 7.

Варианты изменения числа одновременно действующих лав по пластам шахтного поля

Номера вариантов	Число дополнительно вводимых или выбывающих лав по интервалам планового периода							Номера пластов, нагрузка на которые изменяется по интервалам планового периода						
	I	2	3	4	5	6	7	I	2	3	4	5	6	7
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5
I	0	I	0	0	I	0	0	0	2	0	0	3	0	0
2	0	I	0	0	I	0	0	0	3	0	0	0	3	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	-I	0	0	-I	0	-I	0	2	0	0	3	0	3

В строке I закодирована следующая информация: в первом плановом интервале времени число одновременно действующих лав в шахтном поле не изменяется по сравнению с исходным уровнем, т.е. равно 7. Во втором интервале времени нагрузка на пласт 2 (колонка I0) увеличивается на одну лаву (колонка 3). В третьем и четвертом интервалах времени число одновременно действующих лав не будет изменяться и составит 8 лав. В пятом интервале времени на одну лаву возрастает нагрузка на пласт 3.

4.I.5. Изменения технологии и организации очистных работ во вновь подготавливаемых выемочных столбах необходимо задавать индивидуально по каждому выемочному полю с указанием нового значения параметра и времени его реализации (показатели 76+84, табл. 2). К числу изменяемых параметров технологии и организации работ в лаве следует относить: вид механизации очистных работ, систему разработки, число смен работы по добыче угля. Целесообразно время задавать не календарной датой, а номером планового интервала времени, с наступлением которого технология работ должна быть изменена.

Выявление необходимости изменения технологии и организации очистных работ производится при переходе лавы к отработке запасов нового выемочного столба. Если время изменений в момент перехода лавы не наступило, то значения параметров перечисленных элементов технологии и организации очистных работ в границах нового выемочного столба принимаются такими же, какие они были при отработке запасов предыдущего выемочного столба. Но во всех случаях необходимо проверять соответствие параметров комбайна и механизированной крепи мощности пласта в границах выемочного столба.

4.I.6. Время выбытия той или иной лавы из числа действующих устанавливается путем сопоставления зафиксированных на начало планового интервала времени запасов соответствующего выемочного столба и возможного в условиях этого столба объема добычи за полный интервал времени. Календарная дата выбытия лавы без разделения на год и месяц определяется по формуле:

$$t_{вл} = N_{п1} + \Delta T(\psi - 1) + \frac{Z_{ст}}{T_{год} \cdot A_л},$$

где $N_{п1}$ - первый календарный год планового периода ;

ΔT - длительность интервала времени, на которые разделяется плановый период, лет ;

ψ - номер текущего интервала времени ;

$Z_{ст}$ - остаток запасов выемочного столба на начало ψ-го интервала времени ;

$T_{год}$ - число дней работы шахты по добыче угля в год ;

$A_л$ - нагрузка на лаву, т/сутки.

Для вновь вводимых в число действующих лав календарная дата начала работ

$$t'_{вл} = N_{пл} + \Delta T(\psi - T_{лн}),$$

где $T_{лн}$ - время работы лавы в течение ψ-го планового интервала времени в новом выемочном поле, доли плановых интервалов времени.

4.I.7. Параметры календарного плана проходческих работ находятся в прямой зависимости от параметров календарного плана очистных работ. В самом деле, если известны адреса и даты ввода новых лав, даты перехода действующих лав к отработке новых выемочных столбов, то нетрудно определить даты начала и окончания проходческих работ, а также их объемы по плановым интервалам времени.

Окончание проходческих работ совпадает со временем доработки запасов столба или ввода новой лавы с учетом необходимого запаса времени на монтаж очистного оборудования и неопределенности условий ведения работ. Начало проходческих работ зависит от их объема и темпов проведения выработок.

В свою очередь, объемы работ зависят от способов подготовки выемочных полей, систем разработки запасов угля, размеров выемочных столбов и полей. Темпы проведения выработок предопределяются технологией ведения работ, а также горно-геологическими параметрами среды и устанавливаются на основе нормативов.

4.I.8. Начало работ по проведению выработок, примыкающих к вновь подготавливаемой лаве, определяется по формуле:

$$t_{пн} = t_{вл} - \left(\frac{l_в}{12 V_в} + t_{мон} + \Delta t\right),$$

где $l_в$ - длина выработки, м;

$V_в$ - нормативные темпы проведения выработки, м/мес;

$t_{мон}$ - время на проведение разрезной печи и монтаж выемочного оборудования в лаве, лет;

Δt - резерв времени, учитывающий неопределенность условий выполнения подготовительных работ, лет.

Календарный год и месяц года начала работ рассчитываются по формулам

$$t'_{пн} = [t_{пн}], \quad \text{год;}$$

$$t''_{пн} = [12(t_{пн} - t'_{пн})], \quad \text{месяц.}$$

Запись $[t_{пн}]$ означает, что от величины $t_{пн}$ принимается только целая часть.

4.I.9. Распределение объемов проходческих работ по годам планового периода производится следующим образом:

В ($t'_{пн}$ +I)-ом плановом году за $t''_{пн}$ месяцев каждая из примыкающих к лаве выработок может быть пройдена на длину $l'_в = V_в t''_{пн}$, м. Если величина $l'_в$ окажется не меньше общей длины выработки, то подготовительные работы будут завершены в ($t'_{пн}$ +I)-ом году. При этом объем проходческих работ составит $l_в^{t+1} = l_в$, м.

При $l'_в < l_в$ в следующем ($t'_{пн}$ +2)-ом году работы шахты каждая из выработок лавы может быть пройдена на длину $l''_в = 12 V_в$, м

Если $l_в \le (l_в^{t+1} + l''_в)$ (4.I),

то в ($t'_{пн}$ +2)-ом году работы по проведению выработок будут завершены, а объем проведения одной выработки составит

$$l_в^{t+2} = l_в - l_в^{t+1}, \text{ м}$$

При несоблюдении условия (4.I) оставшаяся часть проходческих работ будет завершена в ($t'_{пн}$ +3)-ем году, когда каждая из выработок будет пройдена на длину $l_в^{t+3} = l_в - (l_в^{t+1} + l_в^{t+2})$, м.

4.I.I0. Если лава подготавливается в новом выемочном поле, то

аналогичным образом устанавливаются сроки и объемы проведения наклонных выработок панелей, удлинения коренных штреков, квершлагов при вскрытии нового пласта.

4.2. Основные положения расчета пропускной способности вентиляционных звеньев шахты

4.2.1. Производственные возможности вентиляционной сети шахты необходимо устанавливать по трем критериям: скорость движения воздуха по каждому отдельному звену не должна превышать допустимую по требованиям "Правил безопасности" ; суммарная депрессия вентиляционных звеньев любого направления воздушной струи не должна превышать уровень, установленный "Правилами технической эксплуатации" ; параметры вентиляторов главного проветривания должна соответствовать параметрам вентиляционной сети шахты.

Вентиляционные расчеты необходимо выполнять на основе положений работы [2] и рассматривать каждый очистной и проходческий забой, каждую выработку в соответствии с принятыми для моделирования вентиляционными схемами проветривания выемочных участков и состояния горных работ по отдельным плановым интервалам времени работы шахты. Полученные по забоям и выработкам данные затем суммируются, учитываются утечки воздуха, в результате чего будет получен общий расход воздуха для проветривания выемочных полей и шахты в целом. Одновременно по каждому вентиляционному звену определяется потеря депрессии, которая затем накапливается по всем направлениям воздушной струи.

4.2.2. Расход воздуха для проветривания забоев определяется по четырем факторам: газовыделению; наибольшему числу людей, работающих в забое; количеству газов, образующихся при взрывных работах; пылевому фактору. Из четырех полученных значений к учету принимается наибольшее.

Расход воздуха по выработкам, примыкающим к лавам, складывается из воздуха, проходящего по призабойному и выработанному пространствам лавы, а также дополнительного количества воздуха для подсвежения исходящей струи из лавы. По наклонным выработкам панелей расход воздуха определяется в результате суммирования расходов воздуха для проветривания всех очистных и подготовительных забоев, лебедочных камер, а также утечек воздуха в границах выемочного поля.

В результате накопления расхода воздуха по выемочным полям крыла пласта определяется количество воздуха, проходящего по коренным штрекам, а суммирование расходов воздуха по объектам проветривания крыльев пласта и пластов в целом позволит установить расходы

воздуха по участкам квершлагов. В свою очередь, суммарный расход воздуха по участкам квершлагов, примыкающих к околоствольному двору, с учетом расхода воздуха на проветривание камер и утечек в последнем будет являться количеством воздуха, проходящим по стволам шахты.

Если фактическое сечение выработки $F_ф$ окажется меньше сечения, рассчитанного по допустимой скорости движения воздуха $F_в$, то эта выработка должна быть расширена на величину $\Delta F = F_в - F_ф$.

4.2.3. В процессе эксплуатации шахты изменяется длина и аэродинамическое сопротивление вентиляционных звеньев шахты. При этом возможны случаи, когда депрессия по отдельным направлениям воздушной струи превысит предельный уровень.

Для устранения этого несоответствия необходимо предусматривать следующие мероприятия по уменьшению депрессии цепи выработок: уменьшение аэродинамического сопротивления одной или нескольких последовательно расположенных выработок общешахтного характера за счет замены затяжек и покрытий стенок выработок синтетическими материалами; увеличение поперечных сечений выработок путем их расширения и перекрепления, а также проведения параллельных выработок.

4.2.4. Определенные в результате расчетов параметры вентиляционной сети шахты (общешахтная депрессия $H_ш$ и расход воздуха $Q_ш$) могут не соответствовать параметрам действующего на шахте вентилятора главного проветривания ($H_в$ и $Q_в^м$).

При этом, если $Q_ш > Q_в^м$, то вентилятор подлежит замене на более производительный.

При $Q_ш \leq Q_в^м$ проверяется соответствие депрессии шахты и вентилятора.

Депрессия действующего вентилятора главного проветривания определяется по выражению и его универсальной характеристики

$$H_в = a + bQ + cQ^2, \ Па,$$

где a, b, c - коэффициенты, постоянные для i-го типа вентилятора.

Если при $Q_ш \leq Q_в^м$ окажется, что $H_в \geq H_ш$, то в замене вентилятора нет необходимости. В противном случае действующий на шахте вентилятор должен быть заменен на вентилятор с большими значениями основных характеристик.

4.3. Основные положения расчета пропускной способности транспортных звеньев шахты

4.3.1. Для выбора средств транспорта при подготовке новых выемочных полей и выявления пропускной способности действующих транспортных установок необходимо иметь схему транспортных линий с ука-

заниям длин и углов наклона выработок, точек поступления грузопотоков и их характеристик, мест расположения аккумулирующих и усредняющих бункеров. При этом вся транспортная сеть разбивается на отдельные расчетные участки, на длине которых не происходит изменений грузопотоков. Исходными пунктами расчетных транспортных участков могут быть места поступления грузопотока из забоя, бункера, места сопряжений рельсового и конвейерного транспорта.

4.3.2. Так как функционирование шахты связано с постоянным изменением состояния ее технологических звеньев, то транспортные сети необходимо формировать в процессе имитации на модели, но не задавать их статично. Исходными данными при этом являются параметры состояния шахты на тот или иной плановый интервал времени. К числу этих параметров относятся: схема вскрытия шахтного поля, взаимное расположение откаточного и вентиляционного горизонтов, положение пункта свода грузов (околоствольного двора) относительно пластов вкрест простирания, способы подготовки каждого из выемочных полей и их геометрические размеры, взаимное положение отработанных и отрабатываемых выемочных полей, системы разработки запасов, порядок отработки выемочных столбов в выемочных полях.

4.3.3. Технико-экономические расчеты по подземному транспорту выполняются на основе положений работы /3/ для каждого отдельного транспортного звена, начиная с выработок, принимающих грузопоток из очистных забоев. Последующая очередность рассмотрения выработок определяется направлением движения грузопотоков. При этом необходимо исходить из предпосылки: грузопотоки, образующиеся в низших звеньях технологической цепи, должны быть пропущены на всех последующих звеньях без ограничений. Отсюда и возникает необходимость выбора мероприятий по ликвидации "узких звеньев" транспортной сети шахты.

а) Конвейерный транспорт

4.3.4. Транспортные расчеты по выработкам, оснащенным ленточными конвейерами, должны включать проверку пропускной способности действующих конвейеров и выбор мероприятий по ее увеличению, выбор типа конвейера и определение количества конвейерных ставов для вновь подготавливаемых к отработке выемочных полей. Для решения этих задач необходимы следующие горнотехнические данные: длина $l_в$ и средний угол наклона $\alpha_{нон}$ выработки; величина максимального минутного грузопотока Q_{max}; насыпной вес транспортируемого груза γ; наличие и объем аккумулирующих или усредняющих емкостей.

Основными техническими параметрами ленточных конвейеров являются минутная приемная способность $Q_{н.пр}$ ($м^3$/мин), эксплуатаци-

онная производительность $Q_э$ (т/час) и предельная длина $L_{км}$

4.3.5. По величине минутного максимального грузопотока выбирается тип конвейера при соблюдении соотношения $Q_{max} \leq \gamma Q_{к.пр.}$

4.3.6. Выбор конвейеров по эксплуатационной производительности применительно к конкретным условиям заключается в установлении допустимой длины конвейерного става $L_{кв}$ по мощности привода, прочности ленты и другим конструктивным параметрам.

4.3.7. Если проверяется пропускная способность действующей транспортной системы и при этом окажется, что приемная способность конвейера меньше необходимой, то производится подбор мероприятий по устранению этого несоответствия. В первую очередь выявляется возможность улучшения эксплуатационных характеристик действующей транспортной линии посредством установки в ее начале усредняющей емкости, если последняя отсутствовала.

В случае недостаточной эффективности первого мероприятия действующий конвейер заменяется на конвейер большей приемной способности. При этом проверяется соответствие поперечных габаритов нового конвейера поперечным сечениям горной выработки.

б) Локомотивный транспорт

4.3.8. На шахтах с локомотивной откаткой грузов по главным выработкам к транспортным звеньям отнесены: участки коренных штреков, ограниченные погрузочными пунктами действующих и отработанных выемочных полей, а также пунктами примыкания к квершлагам; участки квершлагов, вскрывающие отдельные пласты шахтного поля.

Общими для всех звеньев шахты исходными данными, используемыми при технико-экономических расчетах локомотивного транспорта, являются: руководящий уклон пути; тип, количество и сцепной вес эксплуатируемых на конкретной шахте электровозов; тип, емкость и общее количество вагонеток; ширина рельсовой колеи.

Каждый транспортный участок характеризуется такими параметрами, как: величина проходящего по участку грузопотока; длина участка и количество рельсовых путей, которыми он оборудован; поперечное сечение и вид крепи выработки. Перечень информации о приемно-отправительных пунктах включает объемы усредняющих и аккумулирующих емкостей, а также конструкцию и длину разминовок. Транспортные расчеты при откатке грузов с помощью электровозов включают определение пропускной способности каждого транспортного участка и погрузочного пункта; выбор мероприятий по увеличению пропускной способности участков и погрузочных пунктов; определение длительности рейса от каждого погрузочного пункта до околоствольного двора и потребности подвижного состава.

4.3.9. В отличие от конвейерного транспорта при локомотивной откатке грузов реализация некоторых мероприятий по повышению пропускной способности одного транспортного звена может повлечь за собой реконструкцию других звеньев, обеспечивающих необходимый грузопоток. Поэтому, в случае принятия решения о замене типа подвижного состава, необходим комплексный анализ информации о звеньях всей транспортной сети шахты и о параметрах горно-шахтного оборудования, с которым элементы подвижного состава будут сопрягаться. С учетом изложенного, выбор технических мероприятий по повышению производительности локомотивного транспорта рекомендуется в следующей последовательности. Все технические мероприятия разделяются на две группы.

В первую группу включены следующие мероприятия в порядке их перебора для оценки: устройство на погрузочном пункте выемочного поля аккумулирующей емкости в виде запаса порожних вагонеток или горного бункера; устройство разъезда между конечными пунктами транспортного звена, оборудованного одним рельсовым путем; укладка на однопутном транспортном участке второго пути. Первое мероприятие может быть реализовано в сочетании со вторым.

Ко второй группе отнесены мероприятия общешахтного характера: замена вагонеток малой емкости на вагонетки большей грузоподъемности, замена электровозов малого сцепного веса на более тяжелые, замена локомотивного транспорта конвейерным. Первое и второе мероприятия могут быть реализованы в сочетании.

Мероприятия первой группы могут быть реализованы для увеличения пропускной способности одних транспортных звеньев без учета состояния других звеньев шахты. Оценка мероприятий второй группы производится в том случае, если эффективность мероприятий первой группы окажется недостаточной.

Время и стоимость реализации мероприятий второй группы сравнительно велики и поэтому их необходимо проектировать с учетом развития шахты на дальнюю перспективу. Вследствие этого, начало работ по модернизации транспорта по главным выработкам должно быть задано (строка 24, табл. 5). Отсюда алгоритм выбора мероприятий по увеличению пропускной способности транспортных звеньев шахты заключается в следующем. Вначале анализируется исходная информация относительно рекомендации по модернизации транспорта общешахтного характера (вторая группа рекомендаций). Если время реализации того или иного мероприятия в процессе имитации работы шахты наступило, то оно реализуется без выявления эффективности применения первой группы мероприятий. В противном случае выбираются и реализуются мероприятия первой группы.

4.4. Проверка соответствия шахтовариантов требованиям правил эксплуатации и безопасности

4.4.1. Имитация на модели шахты представляет широкие возможности для проявления творческой инициативы лицам, задающим управляющие воздействия. Круг варьируемых характеристик развития шахты может быть довольно широким, что позволяет сформировать большое число содержательно отличающихся друг от друга шахтовариантов.

Каждый из разработанных шахтовариантов должен быть допустимым и реально осуществимым, удовлетворяющим целому ряду технологических ограничений, условиям безопасного ведения горных работ, требованиям инженерной логики.

Поэтому в модели должны быть предусмотрены процедуры, позволяющие отсеять безусловно недопустимые шахтоварианты, а некорректные, но подлежащие исправлению шахтоварианты - скорректировать.

Отклонение недопустимых шахтовариантов осуществляется в процессе имитации на модели при возникновении следующих ситуаций: отсутствие опережающей отработки защитных пластов в свите, где имеются выбросоопасные пласты; отсутствие минимально допустимой мощности междупластья при разработке сближенных пластов.

4.4.2. Наиболее важной процедурой отсева и корректировки шахтовариантов является геомеханическое обоснование безопасности ведения горных работ на выбросоопасных пластах. Формализацию проверки всех необходимых условий опережающей отработки защитных пластов необходимо выполнять на основе методических положений инструкции /6/. При этом с позиции критерия "выбросоопасность" необходимо различать участки пластов безопасные, устранимо опасные, неустранимо опасные и особо опасные.

Выемочный участок безопасен, если он не принадлежит выбросоопасному пласту или имеет защиту с достаточными величинами глубины, длины и опережения зоны защиты. Выемочный участок неустранимо опасен, если другие пласты свиты не обладают достаточной глубиной зоны защиты. Выемочный участок устранимо опасен, если глубина и длина зоны защиты достаточна, а достаточного опережения нет. Выемочный участок особо опасен, если глубина зоны защиты достаточна, а длина недостаточна.

Отклонение небезопасных шахтовариантов проводится в такой последовательности. Сначала из всех разрабатываемых выемочных участков отбираются такие, которые требуют защиты, т.е. принадлежат выбросоопасным пластам. Далее для каждого участка, нуждающегося в защите, ведется поиск претендентов на защиту - перебираются выемоч-

ные участки на одноименных крыльях (панелях) других пластов. Затем производится оценка защитных возможностей претендентов, рассчитываются параметры границ защитных зон.

Достаточность глубины зоны защиты определяется сравнением расстояния от защитного до рассматриваемого выбросоопасного выемочного участка с размером защитной зоны в кровлю или почву (перпендикулярно плоскости пласта). Достаточность длины зоны защиты выясняется сравнением длины лавы с размером защитной зоны по падению в пределах этажа (яруса) на рассматриваемом пласте. Достаточность зоны опережения проверяется сравнением длин отработки по простиранию у выбросоопасного и защитного выемочных участков.

После оценки защитных возможностей претендентов определяются значения функции безопасности для каждого выемочного участка. Шахтовариант отклоняется, если выемочный участок особо опасен (недостаточна длина защиты, частичная защита).

Поскольку возможны ситуации, когда избежать частичной защиты не удается, необходимо предусматривать возможность запроса на работу в особо опасных условиях. При наличии разрешения на этом выемочном участке планируется проведение локальных или региональных мероприятий по предотвращению внезапных выбросов, уменьшается количество рабочих смен по добыче, на соответствующую величину корректируется добыча угля. Такие же процедуры выполняются, если выемочный участок неустранимо опасен, и пласт отрабатывается как одиночный.

Вариант не отклоняется, а корректируется и в том случае, если какой-то выемочный участок окажется устранимо опасен (недостаточно опережение защиты). При этом корректировка состоит в уменьшении количества рабочих смен по добыче угля до тех пор, пока либо участок не будет остановлен, либо не будет достигнуто минимально допустимое опережение. Потеря добычи в связи с уменьшением числа рабочих смен и действующих участков возмещается на выемочных участках специально предусматриваемого оперативного резерва.

4.4.3. Шахтовариант не подлежит экономической оценке, если на любом из плановых интервалов имитации работы шахты будет иметь место подработка пластов при мощностях междупластья, меньше минимально допустимой величины в соответствии с правилами [7].

4.4.4. Последняя стадия отсева шахтовариантов выполняется при увязке пропускных способностей транспортно-вентиляционных коммуникаций. Увеличение производственных возможностей стационарных звеньев шахты (основных откаточных выработок, стволов, комплекса поверхности) возможно при реализации одного или нескольких мероприятий. Однако общешахтные мероприятия, носящие характер реконструкции,

являются предметом специальных проектных проработок, сроки выполнения которых значительны. Поэтому шахтоварианты, в которых коренная перестройка коммуникаций намечена на первые два года планового периода, также отсеиваются как нереальные.

4.5. Определение зольности добываемого шахтой угля

Зольность выдаваемого на поверхность угля складывается под воздействием как природных, так и технологических факторов. К природным факторам относится пластово-промышленная зольность разрабатываемых пластов. В задаче формирования и технико-экономической оценки шахтовариантов пластово-промышленную зольность необходимо представлять индивидуально по каждому выемочному столбу. Технологическими факторами являются способы ведения очистных, подготовительных и транспортных работ.

При выемке тонких пластов с помощью механизированных комплексов возможна прирезка слоя породы со стороны почвы или кровли. Мощность прирезаемого слоя породы необходимо устанавливать индивидуально по каждому очистному забою в зависимости от раздвижности механизированной крепи и вынимаемой мощности пласта. Мощность обрушающегося слоя слабоустойчивой кровли задается на стадии подготовки информации о шахте индивидуально по каждому выемочному столбу.

Транспортирование горной массы из подготовительных и очистных забоев можно осуществлять как совместно, так и раздельно.

Количество подготовительных забоев, приходящихся на один очистной забой, и выход породы из каждого из них зависит от способа подготовки выемочного поля, применяемых систем разработки и способов проведения выработок. Например, при столбовых системах разработки для одинарных и спаренных лав необходимо проведение соответственно двух и трех выемочных выработок; применительно к комбинированной системе разработки для каждой лавы проводится одна выработка, а в качестве другой используется выработка ранее отработанной лавы; при сплошной и комбинированной системах разработки не весь объем породы подлежит выдаче на поверхность: часть его закладывается в выработанное пространство. Источниками породы, разубоживающими добычу угля являются также работы по увеличению сечений горных выработок и их ремонту. Таким образом, зольность угля необходимо рассчитывать с учетом всех источников засорения его породой.

Вначале в добыче из всех действующих в плановом интервале времени лав определяется объем породы, обусловленный пластово-промышленной зольностью угля и прирезаемой (обрушающейся) при очистных работах:

$$W_{л.з.} = 0{,}01 \cdot A_{з.т} \cdot A_{л} \cdot \Delta T \cdot T_{зоб} \cdot T_{р.л} \quad , \quad т ;$$

$$W_{л.сл} = \gamma_п \cdot m_{пс} \cdot \ell_л \cdot V_{лг} \cdot T_{рл} \cdot \Delta T \quad , \quad т ,$$

где $A_{зг}$ – пластово-промышленная зольность угля i-го выемочного столба, %;

$\gamma_п$ – объемный вес породы, т/м^3;

$m_{пс}$ – мощность прирезаемого (обрушающегося слоя породы), м;

$\ell_л$ – длина лавы, м;

$V_{лг}$ – подвигание лавы за плановый интервал времени, м.

Выход породы из проходческих забоев устанавливается по природным характеристикам выемочных столбов, а также с учетом параметров применяемой технологии работ и поперечных сечений выработок.

Если проведение выработок осуществляется "широким ходом", то вся порода из забоя размещается в выработанном пространстве. В этом случае объем породы, разубоживающей добычу, $W_{зв} = 0$.

Для буровзрывного (узким ходом) и комбайнового способов проведения выработок объем породы $W_{зв}$, засоряющей добычу, зависит от способа выемки угля и породы (совместная или раздельная), а также от организации транспорта грузов из очистных и подготовительных забоев. Кроме того, следует иметь ввиду, что при сплошной и комбинированной системах разработки, когда выемочные выработки проводятся по мере подвигания лавы, часть объема породы закладывается в выработанное пространство. С учетом изложенного

$$W_{зв} = \gamma_п \cdot F \cdot \ell_в \cdot K_п \cdot (1 - K_{зак}) \quad , т ,$$

где F – поперечное сечение выработки в свету, м^2;

$K_п$ – коэффициент, учитывающий долю площади забоя по породе;

$\ell_в$ – длина выработки, м;

$K_{зак}$ – коэффициент, учитывающий использование породы в качестве закладочного материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основные направления технического развития угольной промышленности СССР на 1981–1985 гг. и до 1990 г. М., Изд. ИГД им. А.А. Скочинского, 1981.
2. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. М., "Недра", 1975. 238 с.
3. Основные положения по проектированию подземного транспорта новых и действующих угольных шахт. Изд. ИГД им. А.А. Скочинского, 1977. 174 с.
4. Методические документы по определению нагрузок на очистные забои угольных шахт. М., Изд. ИГД им. А.А. Скочинского, 1980. 240с.
5. Инструкция о порядке планирования, учета и финансирования работ по проведению капитальных горных выработок на действующих шах-

тах и разрезах МУП СССР. М., Изд. ЦНИЭИуголь, 1973.
6. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, склонных к внезавным выбросам угля, породы и газа. М., "Недра", 1977.
7. Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт. М., "Недра", 1976.
8. Кудин И.Б. Косинус-метод решения общей задачи линейного программирования. г. Донецк, ИЭП АН УССР, 1973.
9. Курносов А.М., Кудин И.Б. Векторный метод экономико-математического моделирования в горном деле. Труды 17-го международного симпозиума "Применение ЭВМ и математических методов в горном деле", т. I, М., "Недра", 1982.
10. Кудин И.Б. Оптимизация параметров угольных шахт с помощью аналитического метода. "Технология добычи угля подземным способом", № 5, 1976.
11. Кудин И.Б. Применение аппарата математической логики в оптимальном проектировании угольных шахт. "Технология добычи угля подземным способом", № 6, 1976.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Введение I
I. Общие положения формирования шахтовариантов и построения экономико-математической модели шахты 2
2. Постановка задачи 6
3. Информационная база задачи I2
4. Принципы формализации основных технологических процессов шахты 27
4.I. Календарный план развития очистных и подготовительных работ 27
4.2. Основные положения расчета пропускной способности вентиляционных звеньев шахты 35
4.3. Основные положения расчета пропускной способности транспортных звеньев шахты 36
4.4. Проверка соответствия шахтовариантов требованиям правил эксплуатации и безопасности 40
4.5. Определение зольности добываемого шахтой угля 42
Литература 43

Отв. за выпуск И.П.Надбродов

Сдано в производство 02.02.84. Подп. в печать 07.02.84. Т-03450
Формат 60х90/16. Печать офсетная. Бумага писчая цветная.
Усл.печ.л. 2,75. Усл.кр.отт. 3,0 . Уч.-изд.л. 2,91.
Тираж 500 экз. Заказ № 146 Изд. № М-7050
ЦНИЭИуголь. Москва, 103012, пр. Сапунова, д. 13/15.
Типография, 1-й Смоленский пер., д. 10/5.

gost.e-ecolog.ru