МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИМИ

РЕКОМЕНДАЦИИ
по автоматизированному проектированию капитальных горных выработок

Ленинград
1979

gost.e-ecolog.ru

Министерство угольной промышленности СССР

Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт
горной геомеханики и маркшейдерского дела
В Н И М И

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И

ПО АВТОМАТИЗИРОВАННОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ КАПИТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Л е н и н г р а д
1 9 7 9

УДК 622.831.24:681.3

Рекомендации по автоматизированному проектированию капитальных горных выработок. Л., 1979, с. 124 (М-во угольной промсти СССР. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т горн. геомех. и маркшейд. дела)

Разработана система автоматизированного проектирования капитальных выработок НЕДРА, с помощью которой по заданной геологической колонке, координатам и параметрам выработки в автоматическом режиме производится оценка ее устойчивости, выбор типов крепи по длине выработки и оценка стоимостных параметров сооружения и крепления.

Выбор однотипной крепи на участке выработки производится с привлечением программы ОПТИМ.

Приведены инструкции к программам НЕДРА, ОПТИМ, примеры расчета параметров крепи (на участках одиночных выработок, сопряжений и в камерах), алгоритмы и тексты программ на языке ФОРТРАН-IУ.

Рекомендации рассмотрены секцией горного давления Ученого совета ВНИМИ и рекомендованы для опытного применения при проектировании капитальных выработок угольных шахт. Окончательное проектное решение должно приниматься с учетом требований нормативных документов.

Ил. 10, табл. 38.

© Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела ВНИМИ, 1979.

В В Е Д Е Н И Е

Одним из важнейших условий эффективной работы угольных шахт является обеспечение надежного состояния капитальных горных выработок в течение всего срока службы при минимальных стоимости и времени их сооружения.

Анализ условий поддержания капитальных выработок свидетельствует о неудовлетворительном их состоянии, особенно на больших глубинах и в слабых неустойчивых породах. Нередко выработки теряют устойчивость еще в период строительства шахты.

Причины нарушения нормальной эксплуатации выработок определяются, с одной стороны, недостаточной проработкой проектных решений, с другой, отклонением от паспортов проведения и крепления выработок при их сооружении.

Отсутствие единого регламентирующего документа по выбору расположения, способов охраны, типов и параметров крепи привело к тому, что сеть капитальных выработок проектировали по минимуму их протяженности без учета геомеханических особенностей проведения и поддержания.

Естественно, что крепь выработок и особенно их сопряжений, попадающих в слабые неустойчивые породы, нарушалась, это приводило к огромным затратам на крепление и поддержание выработок.

В 1977 г. во ВНИМИ с участием институтов-соисполнителей были разработаны и изданы "Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на шахтах СССР".

По Указаниям нормальная эксплуатация выработок обеспечивается достоверностью и полнотой геологических и геомеханических сведений о массиве горных пород[X], выбором рационального расположения, способов охраны и типов крепи. Параметры крепи определяют на основе геомеханических расчетов проявлений горного давления и статического расчета крепи с учетом технологии сооружения выработки и

[X] Приведены в Требованиях к определению механических свойств пород при геологическом изучении полей шахт Министерства угольной промышленности СССР (издание ВНИМИ, 1977).

возведения крепи. Расчеты по Указаниям не сложны: смещения и нагрузки на крепь определяют по простым формулам и номограммам; статический и прочностной расчеты крепи - по программе на ЭВМ. Однако при выполнении полного комплекса расчетов для всей сети выработок задача становится достаточно трудоемкой. Поэтому расчеты практически проводят для одного варианта расположения сети выработок, выбранного на основе инженерного опыта и интуиции проектировщика. При таком подходе выбранный вариант может оказаться неоптимальным. Количество анализируемых вариантов расположения сети выработок в плане и профиле можно существенно увеличить,если перевести основной процесс вычислений проявлений горного давления, выбора типов крепи, ее статического и прочностного расчетов с определением стоимостных показателей на ЭВМ.

С этой целью во ВНИМИ на основе принципов Указаний разработаны Рекомендации по автоматизированному проектированию капитальных горных выработок. Рекомендации позволяют по заданной геологической колонке с указанием типов пород и их прочности, привязке слоев пород в пространстве и направлению выработки подобрать рациональные типы крепи и определить их геометрические и стоимостные параметры по длине одиночной выработки, на участках их сопряжений, в камерах и в выработках, примыкающих к камерам.

В качестве геомеханической основы расчетов проявлений горного давления в Рекомендациях использован экспериментально-аналитический метод, построенный на решении вязкоупругопластической задачи[X] и обобщении данных натурных замеров смещений и нагрузок на крепь. Особенностью метода является введение в исходные данные поправочных коэффициентов, учитывающих несовершенство расчетной схемы и модели среды.

Перевод всех расчетов на ЭВМ позволил отказаться от ряда допущений, принятых в Указаниях, а также существенно облегчить процесс проектирования крепи для тяжелых горногеологических условий, для которых обязательным является выполнение статического и прочностного расчетов крепи. По Рекомендациям расчеты устойчивости выработок, нагрузок на крепь, построение расчетной схемы, статический и прочностной расчеты крепи выполняются в автоматическом режиме.

Использование автоматизированной системы НЕДРА предполагается в двух направлениях: приближенном - при выборе вариантов и уточ-

---

[X] А м у с и н Б. З. Прогнозирование устойчивости капитальных выработок с учетом постепенного разрушения пород в зоне неупругих деформаций. - ФТПРПИ, 1977, № 5, с. 22-29.

ненном – при детальном расчете выбранного варианта или при получении дополнительных данных геологической разведки, выполняемой в ходе строительства шахты.

В приложениях к Рекомендациям приведены алгоритмы и тексты программ с необходимыми пояснениями для специалистов и проектировщиков, которые могут самостоятельно или при консультации ВНИМИ выполнить корректировку отдельных блоков программ, приспосабливая их к условиям конкретных бассейнов и месторождений. В частности, легко можно изменить программы расчета стоимостных параметров (СМЕТА), выбора типов и параметров крепи, упрочнения и технологии сооружения выработок (ВЫБОР).

Рекомендации разработаны под руководством д-ра техн. наук, проф. К. А. Ардашева и канд. техн. наук Б. З. Амусина.

I. ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАПИТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ НЕДРА

I.I. Выбор вариантов расположения сети капитальных выработок выполняют проектировщики с учетом комплексной технологической увязки всех звеньев шахт (подъем, транспорт, вентиляция, водоотлив) и основных положений Указаний в части расположения и охраны горных выработок.

I.2. Для каждого варианта производится выбор оптимального крепления выработок по всем участкам рассматриваемой сети. При этом сеть выработок необходимо разбить на элементы: прямолинейные и криволинейные участки, сопряжения выработок, камеры и выработки, примыкающие к ним. Камеры при отношении длины к ширине более четырех рассматривают как одиночные выработки.

I.3. По данным геологической разведки строят вертикальную геологическую колонку с указанием мощности слоев, их прочности на сжатие в "куске" и литологического типа породы. Определяют угол и азимут падения пород[X]. При построении автоматизированной системы НЕДРА слои пород приняты плоскими без искривлений (выдержанное падение). При искривлении породных слоев в пространстве их приближенно заменяют на отдельных участках плоскими с переменным углом и азимутом падения. В таком случае при расчете выработок на каждом новом участке вновь необходимо задать параметры геологической колонки и привязку плоскости слоев в пространстве (угол и азимут падения).

I.4. Типы и параметры крепи по выделенным элементам выбирают с использованием автоматизированной системы НЕДРА (см. раздел 2). Для первых фаз проектирования (выбор вариантов расположения выработок относительно вмещающих пород) используют приближенную схему расчета. После выбора оптимального варианта расположения сети выработок необходимо провести дополнительную геологическую разведку

[X] Азимут падения отсчитывают от положительного направления оси ОХ (направление на север) по часовой стрелке до направления проекции на горизонтальную плоскость линии падения. Линия падения - линия наибольшего уклона плоскости. Угол падения отсчитывают от линии падения до ее проекции на горизонтальную плоскость.

по трассе выбранного варианта. Типы и параметры крепи для принятого варианта расположения сети выработок после получения более достоверных механических свойств горных пород выбирают по уточненной схеме на основе статического и прочностного расчетов.

I.5. В автоматизированной системе предусмотрен выбор различных типов крепи для каждого участка, расположенного в породах, отличающихся по прочности от предыдущего более чем на 30% - при расчете по приближенной схеме и более чем на 15% - по уточненной схеме.

Таким образом, по расчету участки с различными типами крепи могут оказаться весьма малыми, что, естественно, не может быть принято в проекте. Поэтому окончательный выбор типов крепи из рекомендуемых автоматизированной системой НЕДРА и установление длин участков с однотипной крепью на этапе выбора расположения сети выработок предоставляется сделать проектировщику. При выполнении рабочих чертежей рекомендуется осуществлять выбор участков с однотипной крепью, используя программу ОПТИМ (см. раздел 3).

I.6. После выбора крепи по каждому элементу выработки и определения стоимости их сооружения вычисляют суммарные затраты по рассматриваемому варианту расположения сети выработок. Далее в той же последовательности определяют суммарные затраты по остальным конкурирующим вариантам.

2. ИНСТРУКЦИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАПИТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК НЕДРА

О б л а с т ь п р и м е н е н и я

2.I. Автоматизированная система проектирования предназначена для выбора типов и параметров крепи капитальных выработок, расположенных вне зоны влияния очистных работ, на угольных шахтах СССР.

2.2. Стоимостные параметры определяются по приближенным показателям для основных угольных бассейнов: Донецкого, Кузнецкого, Воркутского и Карагандинского.

2.3. Система НЕДРА распространяется на одиночные протяженные горизонтальные выработки, выработки параллельные и на участках сопряжений, камеры и выработки, примыкающие к камерам.

2.4. Диапазон рекомендуемых замкнутых и незамкнутых типов крепи ограничен следующими: анкерная, набрызг-бетонная, податливая из спецпрофиля, тюбинги КузНИИшахтостроя, бетонная, железобетонная с жесткой арматурой из двутавровых рам, а также из спецпрофиля, бетонная и железобетонная с последующим упрочнением пород путем цементации (подробнее выбор крепи см. П.2.3).

2.5. Система НЕДРА не распространяется на условия расположения выработок в районах существенного искривления поверхности породных слоев, на наклонные и вертикальные выработки и приствольные камеры.

2.6. Автоматизированная система НЕДРА разработана применительно к ЭВМ "Минск-32". Язык программирования ФОРТРАН-IУ.

Исходные данные

2.7. Исходные данные к автоматизированной системе НЕДРА подготавливаются в табличной форме (табл. I) и затем пробиваются на перфокартах. В первой строке формы перфокарт исходных данных (табл. I) приведены обозначения, принятые в программе, во второй - формат представления чисел, в третьей - номера колонок на перфокартах.

К табл. I приведены условные обозначения.

2.8. При расчете одиночных выработок вводится (2 +NN) перфокарт (где NN - количество расчетных слоев в геологической колонке). При расчете параллельных выработок, выработок на участках сопряжений, камер и выработок, примыкающих к камерам, вводится (3 +NN) перфокарт. Первые (1 +NN) перфокарт остаются неизменными при расчете всех выработок, привязанных к заданной геологической колонке.

2.9. При расчете выработок, проходимых вкрест или под углом к простиранию (в том числе выработки на сопряжении и примыкающие к камерам), величина ШАГ принимается равной мощности наименьшего слоя, но не менее I м. При расчете выработок, проходимых по простиранию (в том числе выработки на сопряжении и примыкающие к камерам), величина ШАГ принимается равной длине выработки. При расчете камер величина ШАГ принимается равной нулю.

Расчетный шаг, т. е. расстояние между расчетными сечениями, определяется в автоматическом режиме. В случае отличия прочности пород в сечениях, расположенных на расстоянии ШАГ менее чем на 30% при IЭТ = I или IO% при IЭТ = 2, вычисления не выполняются и производится переход к следующему сечению.

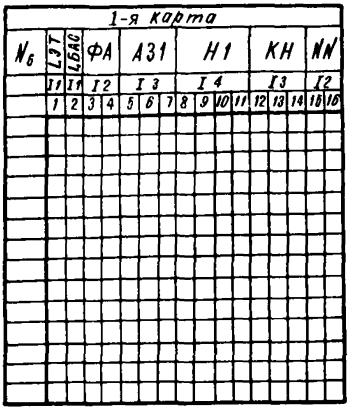
2.IO. При расчете камеры (КГ = 3, LT = I, 2) координаты XOI, УOI принимаются равными координатам центра камеры, а координаты XO2, УO2 - любого из ее торцов.

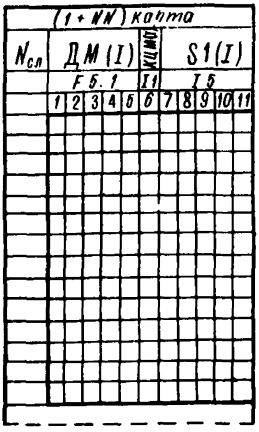
2.II. Коэффициент тектонической нарушенности КН следует определять, руководствуясь Методическими указаниями[x]. При отсутствии

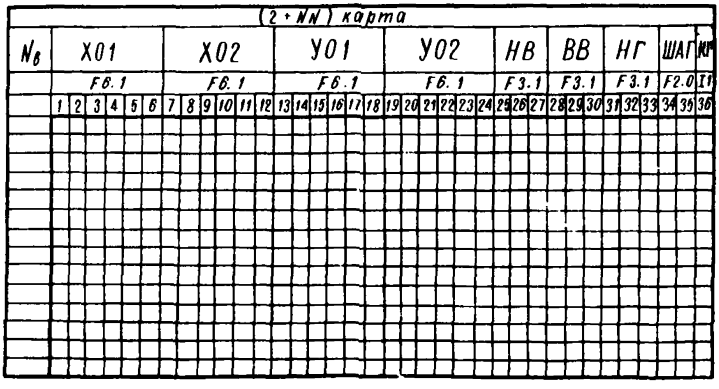
---

[x] Методические указания по оценке влияния разрывных нарушений на полноту выемки угля на сильно нарушенных месторождениях. Л., ВНИМИ, I975.

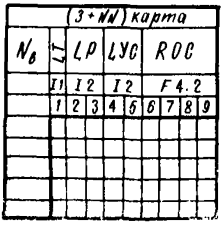
Таблица I







если КГ = 1 или 3



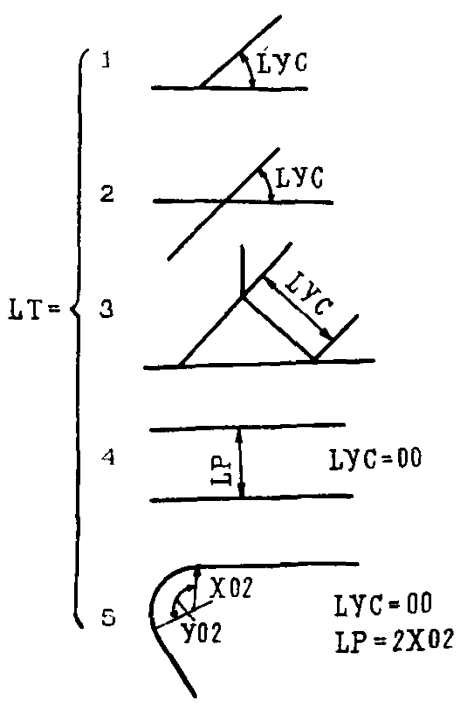


Условные обозначения, принятые в таблице 1

$N_в$ – номер варианта;
$N_{сл}$ – номер слоя (номер перфокарты);
LЭТ = { 1 – без расчета крепи; 2 – с расчетом крепи;
NN – количество слоев;
A31 – азимут падения, град;
ФА – угол падения, град;
H1 – глубина от поверхности, м;
КН – коэффициент нарушенности;
ДМ(I), КЦМ(I), S1(I) – соответственно мощность (м), тип породы, прочность i-того слоя, т/м^2;
КЦМ(I) – литологический тип породы слоя: 1 – песчаник, 2 – алевролит, 3 – аргиллит, 4 – глина, 5 – уголь;
XO1, УО1, XO2, УО2 – соответственно координаты начала и конца выработки (при КГ = 3 и LT = 1 или 2 значения XO1 – координаты середины камеры, а XO2, УО2 – конца); при расчете выработок, расположенных на кривой (КГ = 1, LT = 5), принимается: XO2 – радиус кривой, м; УО2 – центральный угол кривой, град;
НВ – высота в свету выработки или камеры;
ВВ – ширина выработки или камеры в свету, м;
НГ – высота в свету выработки, на которой выдерживается заданная ширина ВВ, м;
ШАГ – шаг расчета по длине выработки (при расчете камеры КГ=3 и LT=1 или 2 ШАГ=00);
LБАС = 1 – Донбасс, 2 – Кузбасс, 3 – Караганда, 4 – Воркута;
КГ = 0 – одиночная, 1 – сопряжение, 3 – камера.

При КГ = 1:

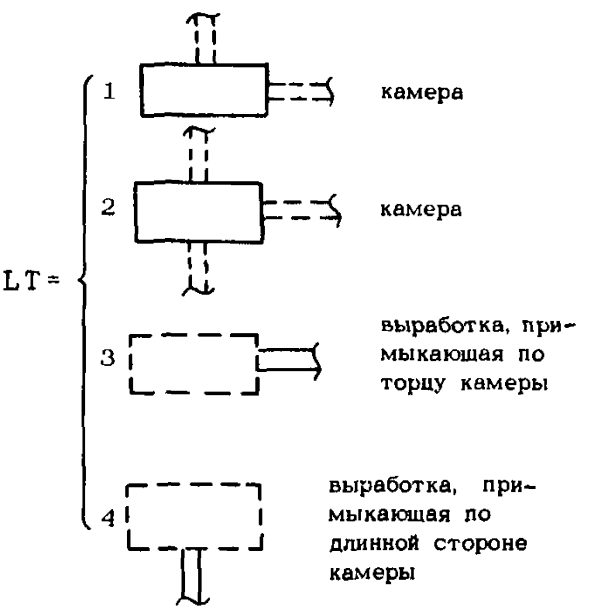
LT – тип сопряжения;



LP – удаление расчетного сечения от центра сопряжения, м; LYC – угол между сопрягающимися выработками, град. (при LT = 3, LYC – расстояние между двумя узлами сопряжения, м); ROC – половина ширины примыкающей выработки, м;

При КГ = 3:

LT – тип камеры или примыкающей выработки;



LP – длина камеры, м; LYC = 00; ROC – отношение ширины камеры (или высоты камеры при НВ > ВВ) к средней ширине примыкающей выработки;

данных значение КН необходимо приближенно принимать по табл. 2.

2.I2. При задании геологической колонки слои пород от поверхности до глубины Н2 заменяются одним слоем ДМ(I) = Н2 с произвольными характеристиками, например: КЦМ(I) = 3; S4(I) = 05000.

Таблица 2

Характеристика тектонической обстановки в районе расположения выработок	Коэффициент тектонической нарушенности КН
Практически ненарушенный или имеющий отдельные мелкоамплитудные нарушения	50
Отдельные крупные нарушения на расстояниях свыше ширины зоны влияния нарушения	50-I00
Сеть мелкоамплитудной нарушенности на расстояниях свыше ширины зоны влияния нарушения	I00-I50
Отдельные крупные нарушения и густая сеть мелкоамплитудной нарушенности на расстояниях от них свыше ширины зоны влияния нарушения	I50-250
Значительное количество крупных и мелких разрывных нарушений	> 250

Далее задаются слои пород в соответствии с геологической колонкой до глубины Н3.

Величины Н2 и Н3 определяются в зависимости от азимута падения по формулам:

при $0 \leq$ АЗI $<$ I80

$$H2 = HI - (l_I \operatorname{tg} ФА + I,5BB + HB); \quad (I)$$

$$H3 = HI + BB; \quad (2)$$

при I80 $\leq$ АЗI $<$ 360

$$H2 = HI - (I,5BB + HB); \quad (3)$$

$$H3 = HI + l_I \operatorname{tg} ФА + BB, \quad (4)$$

где l_I - максимальное удаление выработки от центра геологической колонки.

2.I3. В системе НЕДРА не предусматривается задание координат начала и конца выработки с отрицательными значениями. При отрица-

тельном значении одной из координат вводится расчетная геологическая колонка, удаленная от действительной на расстояние l_2 по проекции линии падения на горизонтальную плоскость так, чтобы все координаты рассматриваемых выработок оказались положительными. В этом случае расчетная мощность первого слоя определяется по формулам:

при $0 \leq A31 < 180$

$$ДМ(I) = H2 - l_2 tg ФА; \quad (5)$$

при $180 \leq A31 < 360$

$$ДМ(I) = H2 + l_2 tg ФА, \quad (6)$$

где величина H2 вычисляется по формулам (I) или (3), а значение H3 остается без изменений.

2.I4. Примеры заполнения карт исходных данных и расчета приведены в прил. I.

Результаты расчета

2.I5. В ходе вычислений по автоматизированной системе НЕДРА для каждого расчетного сечения (п. 2.9) на печать выдаются результаты расчета. Печать результатов на АЦПУ (при ЛЭТ = 2) начинается с распечатки исходных данных. Далее печатается удаление расчетного сечения от начала выработки и приведенные расчетные прочности и типы в кровле, почве и боках.

2.I6. Для приближенного расчета (ЛЭТ = I) распечатываются рекомендуемые типы и параметры крепи: толщина крепи D , номер спецпрофиля (для податливой крепи) или двутавра (для жесткой крепи) NП, количество рам спецпрофиля или двутавра на I п. м выработки ШР, а также размеры сечения выработки в свету, вчерне и периметр крепи; стоимость проходки и сооружения I п. м выработки.

Если для расчетного сечения рекомендуется несколько типов крепи, то на печать выдаются параметры каждого типа.

2.I7. Для детального расчета (ЛЭТ = 2) перед распечаткой рекомендуемых типов и параметров крепи в табличной форме выдаются расчетные характеристики проявлений горного давления во времени; вначале для податливой крепи (время ввода жесткой крепи в работу T1 = 5000 сут, т. е. она практически не вводится), затем - для жесткой (T1 = 30 сут).

2.I8. Условные обозначения параметров в таблицах расчета проявлений горного давления приняты следующими: Н - глубина; КН - коэффициент тектонической нарушенности; ФА - угол падения пород или основной системы трещин; СЗК, СЗБ, СЗП - толщина забутовочного слоя за крепью, соответственно в кровле, боках и почве; FLK, FLБ, FLП - относительная кривизна крепи в кровле, боках и почве (отно-

шение стрелы прогиба к пролету); SK - расчетная прочность массива горных пород; ФI - расчетный угол внутреннего трения; BO - полуширина (полувысота при расчете боков) выработки; T - время, сут; PЖ - нагрузка на жесткую крепь; PMIN - нагрузка на податливую крепь; UO - смещение контура; ZI, Z2, Z3 - относительные размеры зон неупругих деформаций соответственно: зоны разрушенных пород, трещин и неупругих деформаций без разрушения; RL - абсолютный размер зоны неупругих деформаций; V - скорость смещения контура.

2.I9. При расчете сопряжений, параллельных выработок, камер и выработок, примыкающих к камерам, дополнительно распечатывается тип сопряжения или камеры, угол сопряжения, половина ширины примыкающей выработки - BOC (при расчете камер BOC - отношение ширины камеры к ширине выработки), расстояние LP от узла пересечения внутренних боковых поверхностей выработок до расчетного сечения (при расчете камер LP - длина камеры, при расчете параллельных выработок LP - расстояние между внутренними боковыми поверхностями выработок), приведенная глубина H.

2.20. После расчета нагрузок на жесткую крепь (при ЛЭТ = 2) производится статический и прочностной ее расчеты. Распечатка результатов расчетов также приведена в табличной форме.

В начале таблицы распечатываются исходные данные, которые позволяют восстановить расчетную схему и эпюру нормальных нагрузок на крепь. Условные обозначения приняты следующими:

в таблице исходных данных: RI - прочность бетона (железобетона) на изгиб, т/м^2; NP - количество рам жесткой арматуры из двутавров на I п. м выработки; ND - номер двутавра; E - модуль упругости крепи, т/м^2; RЖ - прочность арматуры, т/м^2; FI - угол трения крепи по породе; ALP - центральный угол от горизонтального диаметра до точки опоры незамкнутой крепи при очертании ее по радиусу (знак минус означает, что опора расположена ниже горизонтального диаметра); NI, N2 - количество элементов в расчетной схеме соответственно в I и II системах координат; QI, Q2 - равномерно распределенная нагрузка в направлении оси OУ; KX, KУ - жесткость упругих опор незамкнутой крепи в направлении осей OX и OУ; K - коэффициент отпора породы в узлах элементов; S - признак (S = 0 геометрия крепи задается через длину элемента и угол его наклона к оси OX, S = I - геометрия крепи задается через радиус и центральный угол); Z - признак (Z = 0 - конец элемента расположен в шарнире, Z = I - на монолитном участке; ALP - при S = 0 - угол наклона элемента к оси OX, при S = I - центральный угол элемента; R - при S = 0 - длина элемента, при S = I - радиус; EI - жесткость элемента крепи на изгиб; EF - жесткость элемента крепи на

сжатие; P - нагрузка радиальная или распределенная в направлении оси OX .

В таблице результатов расчета: U (I, M) - смещение крепи в направлении оси OX, I - номер узла, M - номер системы координат; R (I, M) - реакции отпора породы равномерно распределенные по длине элемента; M (I,M) - изгибающие моменты в узлах (знак минус означает, что растянуто или менее напряжено наружное волокно крепи); N (I, M) - нормальная сила в узлах крепи (минус означает сжатие); NS (I, M) - предельная несущая способность крепи.

2.21. О перегрузке или недогрузке отдельных узлов крепи можно судить по сопоставлению узловых нормальных сил с соответствующими величинами несущей способности. Толщина крепи и количество рам на I п. м принимаются по максимальному их значению. В случае, если количество рам жесткой арматуры оказывается больше четырех, рекомендуется выполнять упрочнение пород. В системе НЕДРА принято упрочнение пород путем цементации при водоцементном отношении В : Ц = I : 2. При повторном расчете проявлений горного давления и статическом расчете крепи учитывается упрочняющее действие цементного раствора в зонах разрушения и трещинообразования. Забутовка при этом принимается равной нулю (в расчете условно толщина забутовки принята 0,0I м).

2.22. При расчете выработок, расположенных на участках сопряжений, анализируются три сечения, удаленные от узла сопряжения на расстояния LP, LPП/3 и LPП (где LPП - предельное расстояние, на котором выработки оказывают влияние друг на друга). После удаления расчетных сечений от центра сопряжения более, чем LPП, выработка рассматривается как одиночная. Расчет параллельных выработок (КГ = 1, LT = 4) выполняется в той же последовательности, как и одиночных, но с учетом влияния смежной выработки.

2.23. Расчет камеры (КГ = 3, LT = 1, 2) производится для одного расчетного сечения, расположенного по ее середине.

2.24. Расчет выработок, примыкающих к камере (КГ = 3, LT = 3, 4), производится для трех расчетных сечений, удаленных от точки примыкания на расстояние, равное нулю, ширине выработки и LPП (где LPП - предельное расстояние, на котором камера влияет на выработку). После удаления выработки от точки примыкания ее к камере более LPП, она рассчитывается как одиночная.

Инструкция оператору ВЦ

2.25. Программе соответствует идентификатор НЕДРА. Для работы программы требуется I20 листов памяти.

2.26. В программе используются следующие условные обозначения: УВвК - устройство ввода перфокарточное; УПЧ - устройство вывода печатающее (АЦПУ); ПМ - пишущая машинка пульта оператора; ЯЯЯЯЯ - идентификатор задания диспетчеру; Z Z Z - машинный номер внешнего устройства.

2.27. Программа выполняет: ввод исходных данных, решение задачи и вывод результатов расчета на АЦПУ.

2.28. Действия оператора:

а) установить МЛ с программой НЕДРА;

б) установить исходные данные на УВвК[X];

в) набрать задание диспетчеру на выполнение программы:

ВЫ-ЯЯЯЯЯ; ПМ ◊ * ЯЯЯЯЯ * НЕДРА 00100 МЛ 12000

На указание диспетчера:

* 1 - ЯЯЯЯЯ - НМЛ 001-002

ЗГР: установить НЕДРА. Закоммутировать МЛ с программой и с ПМ, дать директиву: | * N◊ |

2.29. Время счета по автоматизированной системе НЕДРА зависит от рассматриваемых вариантов. Для одного расчетного сечения, включая подробную распечатку результатов, оно не превышает 5 мин.

3. ИНСТРУКЦИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПРОГРАММЫ ОПТИМ ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ КРЕПИ

О б л а с т ь п р и м е н е н и я

3.1. Программа ОПТИМ предназначена для выбора оптимальной крепи из рекомендуемых автоматизированной системой НЕДРА на протяженных участках выработок. В качестве оптимальной принимается крепь, приведенные затраты на сооружение и поддержание которой являются минимальными.

[X] Исходные данные для расчета пробиваются на перфокартах согласно табл. I и устанавливаются в таком порядке: первая перфокарта снизу - карта начального блока исходных данных, содержащая следующую информацию: ЖЖЖ ! FFF␣0000000000000000000000000. На нее должна быть установлена 1-я перфокарта I варианта, затем 2-я и т. д. За последней перфокартой I варианта в аналогичной последовательности устанавливаются перфокарты II, III, n-го вариантов расчета.

3.2. Программа ОПТИМ распространяется на замкнутую железобетонную крепь и сводчатые: бетонную, железобетонную, тюбинговую, набрызг-бетонную, анкерную, податливую, типа СВП.

Последовательность выбора оптимальной крепи

3.3. После получения результатов расчета по автоматизированной системе НЕДРА (ЕЭТ = 2) технолог выбирает (из рекомендуемых) 2–4 конкурентноспособных варианта крепи для рассматриваемого протяженного участка, минимальная длина которого должна быть больше 50 м[x].

3.4. Перед обращением к программе ОПТИМ предварительно оценивается вероятность отказов по длине рассматриваемого участка отдельно для кровли и почвы выработки по формуле:

$$P = I - \frac{I}{L} \sum_{i=1}^{n} \frac{l_i}{t_i}, \qquad (7)$$

где P – вероятность отказов (в кровле или почве); L – длина рассматриваемого участка, состоящего из элементов i с одинаковыми горногеологическими условиями, протяженностью l_i ; t_i – период перекреплений (поддирки почвы), лет.

3.5. Период перекреплений определяется в зависимости от вида крепи отдельно для кровли и почвы по формуле:

$$t_i = \frac{10^{\frac{p}{p_i} \cdot 3{,}21} - I}{I08}, \qquad (8)$$

где p – несущая способность рассматриваемого типа крепи, т/м^2; p_i – нагрузка на крепь при установке ее на участке выработки l_i, т/м^2.

Для незамкнутой крепи период перекреплений в почве определяется по формуле:

$$t_i = \frac{10^{\frac{65}{U_i}} - I}{I08}, \qquad (9)$$

где U_i – поднятие почвы (в сантиметрах) на участке l_i.

Значения p, p_i и U_i определяются расчетом по автоматизированной системе НЕДРА на конечный срок существования выработки. На участ-

---

[x] При существенном отличии свойств пород на коротком участке выработки целесообразно на нем, не меняя типа крепи, производить местное усиление, например, цементацию пород вблизи контура выработки.

ке t_i , где принимается крепь, соответствующая расчетной, вероятность отказов принимается нормативной $P^н = 0,95$. Для незамкнутой крепи нормативная вероятность отказов в почве принимается $P^н = 0,9$. Период перекреплений для расчетной крепи t_i принимается равным сроку службы выработки.

3.6. Выбор рационального типа крепи по участку протяженностью L определяется по минимуму приведенных затрат на основе расчета по программе ОПТИМ. Пример использования программы ОПТИМ приведен в прил. П.I.4.

Исходные данные

3.7. Исходные данные к программе ОПТИМ подготавливаются в табличной форме (табл. 3) и затем пробиваются на перфокартах. В первой строке формы перфокарт исходных данных приведены обозначения вводимых параметров, во второй строке - формат представления чисел, в третьей - номера колонок на перфокартах.

3.8. Количество перфокарт для расчета зависит от количества рассматриваемых вариантов крепи (NN) и равно N + 1. Пример заполнения перфокарт приведен в прил. П.I.4.

3.9. Результаты расчета выдаются на АЦПУ в виде таблицы, в которой указываются приведенные затраты для каждого варианта в зависимости от вида восстановления.

Инструкция оператору ВЦ

3.IO. Программе соответствует идентификатор ОПТИМ. Для работы программы требуется 60 листов памяти.

3.II. В программе используются следующие условные обозначения: УВвК - устройство ввода перфокарточное; УПЧ - устройство вывода печатающее (АЦПУ); ПМ - пишущая машинка пульта оператора; ЯЯЯЯЯ - идентификатор задания диспетчеру; Z Z Z - машинный номер внешнего устройства.

3.I2. Программа выполняет ввод исходных данных, решение задачи и вывод результатов расчета на АЦПУ.

3.I3. Действия оператора:

а) установить МЛ с программой ОПТИМ;

Таблица 3

1-я карта																						
NN	IB	L			IAГ							IQ			M	Ц					N	
I1	I1	I3			I7							I3			I1	F5.I					I2	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22	23

Карта для I-того варианта

LBKB(I)		S(I)				P(I)				КПР(I)				РК(I)				РП(I)				С6(I)			
I2		F4.I				F4.I				I4				F4.2				F4.2				F4.I			
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22	23	24	25	26

Условные обозначения, принятые в таблице 3

NN - количество сравниваемых вариантов;

IB - наименование выработок:

IB = { 1 - основные околоствольные дворы, главные одиночные откаточные выработки, главные конвейерные выработки (деформации крепи),
2 - вспомогательные бремсберги и уклоны,
3 - главные конвейерные выработки (деформации почвы), людские бремсберги и уклоны,
4 - вентиляционные выработки;

L - протяженность выработки, п. м;

IAГ - годовое количество добытого угля, проходящего по выработке или зависящего от ее работоспособного состояния, т/год;

IQ - количество воздуха, поступающего к вентилятору главного проветривания, $м^3/с$;

M = { 1 - выработка расположена на труднопроветриваемом направлении вентиляционной сети шахты,
0 - выработка не расположена на труднопроветриваемом направлении вентиляционной сети шахты;

Ц - отпускная цена угля, руб. /т;

N - количество бригад рабочих, занятых на восстановлении выработки, (при отсутствии данных N= 4);

LBKB(I)- вид крепи:

LBKB(I)= { 1 - бетонная сводчатая,
2 - тюбинги железобетонные,
3 - железобетонная сводчатая,
4 - железобетонная замкнутая,
5 - набрызг-бетонная,
6 - анкерная,
7 - податливая СВП;

S(I) - сечение выработки в свету, $м^2$;

P(I) - внутренний периметр крепи, м;

КПР(I)- прямые затраты на сооружение выработки, руб. /м в год;

РК(I)- надежность поддержания (вероятность отказов) крепи выработки, 1/год;

РП(I)- надежность поддержания (вероятность отказов) почвы выработки, 1/год;

С6(I)- стоимость мелкого ремонта крепи, руб. /м в год;

Параметры LBKB(I), S(I), P(I), КПР(I) рассчитывают по системе НЕДРА. Параметры РК(I), РП(I) вычисляют по формуле (7).

б) установить исходные данные на УВвК[X];

в) набрать задание диспетчеру на выполнение программы:

ВЫ - ЯЯЯЯЯ; ПМ◊* ЯЯЯЯЯ * ОПТИМ 00100 МЛ 06000

На указание диспетчера: *1 - ЯЯЯЯЯ - НМЛ - 001 - 002

ЗГР: установить ОПТИМ, закоммутировать МЛ с программой и с ПМ, дать директиву: *N◊

[X] Исходные данные для расчета пробиваются на перфокартах согласно табл. 3 и устанавливаются в таком порядке: 1-я перфокарта снизу - карта начального блока исходных данных, содержащая следующую информацию: ЖЖЖ ! FFF 000000000000000000000000. На нее должна быть установлена 1-я перфокарта, затем 2-я и т. д.

Приложение I

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

П.I.I. Расчет одиночной выработки

Одиночная горизонтальная выработка (КГ = 0) шахты А Донбасса (LBAC = I) пройдена на глубине HI = I000 м, угол падения пород ФА = 45^0, азимут падения A3I = 0^0, массив практически ненарушенный, имеет отдельные мелкоамплитудные нарушения КН = 50, количество слоев в геологической колонке NN= 5.

Мощность первого слоя принимаем от поверхности ДМ(1) = 975 м, тип породы КЦМ(1) = 3, прочность пород S1(1) = 5000 т/м^2. Нижележащие слои имеют следующие характеристики: ДМ(2) = 5 м, КЦМ(2)= = 1, S1(2) = 8000 т/м^2, ДМ(3) = 5 м, КЦМ(3) = 2, S1(3) = 5000т/м^2, ДМ(4) = 7 м, КЦМ(4) = 3, S1(4) = 4000 т/м^2, ДМ(5) = 50 м,КЦМ(5) = = 2, S1(5) = 6000 т/м^2. Выработка однопутевая, ширина сечения в свету ВВ = 2,9 м, высота НВ = 2,8 м. Высота выработки, до которой выдерживается заданная ширина, НГ = I,9 м. Координаты начала выработки относительно геологической колонки: XOI = 0 м, YOI = = 0 м, конца XO2 = 20 м, YO2 = 0 м. Шаг расчетных сечений ШАГ = = 5 м.

Требуется найти рациональные типы и параметры крепи на стадии выбора вариантов расположения выработок (I3T = I).

Порядок расчета

I. В соответствии с табл. I заполняем перфокарты исходных данных. Если число, задаваемое форматом I, имеет меньшее количество позиций, чем на него отведено в перфокарте, то первые лишние позиции заполняем нулями. Например, при КН = 50 записываем 050. Число, записываемое в формате F, может быть представлено различным образом. Например, при ДМ(2) = 5, можно записать 5.000 или 05.00 или 0005. или 00005

I карта	I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6
	I	I	4	5	0	0	0	I	0	0	0	0	5	0	0	5

	I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
2 карта	9	7	5	·	0	3	0	5	0	0	0
3 карта	5	·	0	0	0	I	0	8	0	0	0
4 карта	5	·	0	0	0	2	0	5	0	0	0
5 карта	7	·	0	0	0	3	0	4	0	0	0
6 карта	5	0	·	0	0	2	0	6	0	0	0

} NN = 5

	I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22
7 карта	0	0	0	0	0	0	2	0	·	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

23	24	25	26	27	28	29	30	3I	32	33	34	35	36
0	0	2	·	8	2	·	9	I	·	9	0	5	0

2. После пробивки перфокарт и обращения к программе НЕДРА на АЦПУ выдаем результаты расчета для сечений, удаленных от начала выработки через каждые 5 м.

При отличии прочностных характеристик в последующем сечении менее чем на 30% расчет для него не производится. Анализ результатов расчета по системе НЕДРА, представленных в табл. 4, позволяет рекомендовать для крепления выработки податливую сводчатую крепь из спецпрофиля СВП-I6 с шагом рам 0,5 м (стоимость сооружения I п. м выработки I68 руб.) или сводчатую бетонную крепь толщиной в своде 35 см и в боках 40 см (стоимость сооружения I п. м выработки I59 руб.)

П.I.2. Расчет камеры

Камера (КГ = 3) с тремя примыкающими выработками при LT = 2 (две по длинной стороне и одна по торцу) расположена на глубине H1 = I000 м вблизи одиночной выработки (шахта А Донбасса - LБАС = = I). Данные по геологической колонке представлены в примере П.I.I. Ширина камеры в свету ВВ = 9 м, высота НВ = 9 м, высота от подошвы камеры, на которой выдерживается заданная ширина НГ = 2 м, длина камеры LP = I5 м, отношение ширины камеры к средней ширине примыкающих выработок ВОС = 3, ШАГ = 0.

Таблица 4

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
КАПИТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

«К Е Д Р А»

/ВАРИАНТ 1, 1979 Г

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР,

/ В Н И М И /

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЙ ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ КРЕПИ И СТОИМОСТИ
СООРУЖЕНИЯ ВЫРАБОТОК

ШАХТЫ ДОНБАССА

ГЛУБИНА 1000М АЗИМУТ ПАДЕНИЯ 0ГРАД УГОЛ ПАДЕНИЯ 65ГРАД
УГОЛ ВСТРЕЧИ ВЫРАБОТКИ С НАПРАВЛЕНИЕМ ПРОСТИРАНИЯ 90ГРАД
ШИРИНА ВЫРАБОТКИ 3.0М ВЫСОТА 2.8М В СВЕТУ

ОДИНОЧНАЯ ВЫРАБОТКА

УДАЛЕНИЕ ОТ НАЧАЛА ВЫРАБОТКИ 0.0М X= 0.0М Y= 0.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВАЯ СВОД
НАБРЗБЕТОННАЯ D= 5.СМ NП= 0 ШР=0.0Р/ПМ СТ= 81.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 7.0М2, ВЧЕРНЕ 8.5М2, ПЕРИМЕТР 8.4 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВАЯ СВОД
АНКЕР С НЕТ СЕТ D= 0.СМ NП= 0 ШР=0.0Р/ПМ СТ= 69.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 7.0М2, ВЧЕРНЕ 8.5М2, ПЕРИМЕТР 8.4 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВАЯ СВОД
ПОДАТЛИВАЯ СВП D= 0.СМ NП= 17 ШР=1.0Р/ПМ СТ= 124.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 7.0М2, ВЧЕРНЕ 8.1М2, ПЕРИМЕТР 8.5 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВАЯ СВОД
БЕТОННАЯ D=20.СМ NП= 0 ШР=0.0Р/ПМ СТ= 148.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 7.0М2, ВЧЕРНЕ 9.4М2, ПЕРИМЕТР 8.7 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

УДАЛЕНИЕ ОТ НАЧАЛА ВЫРАБОТКИ 5.0М X= 5.0М Y= 0.0М

Продл. табл. 4

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВЫЙ СВОД
ПОДАТЛИВАЯ СВП D= 0.СМ NП= 17 ИР=2.0Р/ПМ СТ= 168.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 7.9М2, ВЧЕРНЕ 9.8М2, ПЕРИМЕТР 8.8 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВЫЙ СВОД
БЕТОННАЯ D=36.СМ NП= 0 ИР=0.0Р/ПМ СТ= 159.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 7.9М2, ВЧЕРНЕ 11.2М2, ПЕРИМЕТР 9.0 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВЫЙ СВОД
ЖЕЛ БЕТ ТЮБИНГИ D= 0.СМ NП= 0 ИР=0.0Р/ПМ СТ= 154.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 7.9М2, ВЧЕРНЕ 11.2М2, ПЕРИМЕТР 9.0 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

УДАЛЕНИЕ ОТ НАЧАЛА ВЫРАБОТКИ 10.0М X= 10.0М Y= 0.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВЫЙ СВОД
ПОДАТЛИВАЯ СВП D= 0.СМ NП= 17 ИР=1.0Р/ПМ СТ= 135.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 7.9М2, ВЧЕРНЕ 10.0М2, ПЕРИМЕТР 8.8 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВЫЙ СВОД
БЕТОННАЯ D=25.СМ NП= 0 ИР=0.0Р/ПМ СТ= 143.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 7.9М2, ВЧЕРНЕ 10.4М2, ПЕРИМЕТР 8.9 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

УДАЛЕНИЕ ОТ НАЧАЛА ВЫРАБОТКИ 15.0М X= 15.0М Y= 0.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВЫЙ СВОД
НАБРЫЗГБЕТОННАЯ D= 5.СМ NП= 0 ИР=0.0Р/ПМ СТ= 81.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 7.9М2, ВЧЕРНЕ 8.5М2, ПЕРИМЕТР 8.6 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВЫЙ СВОД
АНКЕР С МЕТ СЕТ D= 0.СМ NП= 0 ИР=0.0Р/ПМ СТ= 69.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 7.9М2, ВЧЕРНЕ 8.5М2, ПЕРИМЕТР 8.6 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВЫЙ СВОД
ПОДАТЛИВАЯ СВП D= 0.СМ NП= 17 ИР=1.0Р/ПМ СТ= 130.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 7.9М2, ВЧЕРНЕ 8.1М2, ПЕРИМЕТР 8.5 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

Продл. табл.4

```
КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВАЯ СВОД
     БЕТОННАЯ     D=20.СМ  NП=  0 ЦР=0.0Р/ПМ  СТ=  142.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ  7.0М2, ВЧЕРНЕ  9.4М2, ПЕРИМЕТР  8.7 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

УДАЛЕНИЕ ОТ НАЧАЛА ВЫРАБОТКИ   20.0М   X= 20.0М  Y=  0.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВАЯ СВОД
 НАБРЗГБЕТОННАЯ D= 5.СМ  NП=  0 ЦР=0.0Р/ПМ  СТ=  81.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ  7.0М2, ВЧЕРНЕ  8.4М2, ПЕРИМЕТР  8.4 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВАЯ СВОД
 АНКЕР С МЕТ СЕТ D= 0.СМ  NП=  0 ЦР=0.0Р/ПМ  СТ=  60.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ  7.0М2, ВЧЕРНЕ  8.4М2, ПЕРИМЕТР  8.4 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВАЯ СВОД
 ПОДАТЛИВАЯ СВП  D= 0.СМ  NП= 17 ЦР=1.0Р/ПМ  СТ=  113.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ  7.0М2, ВЧЕРНЕ  8.0М2, ПЕРИМЕТР  8.4 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВАЯ СВОД
     БЕТОННАЯ     D=20.СМ  NП=  0 ЦР=0.0Р/ПМ  СТ=  151.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ  7.0М2, ВЧЕРНЕ  9.3М2, ПЕРИМЕТР  8.7 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М
```

Координаты камеры задаем таким образом, чтобы XOI и YOI были бы координатами ее середины, а XO2 и YO2 – координатами торца камеры. В рассматриваемом примере XOI = IO м, YOI = IO м, XO2 = = I5,4 м, YO2 = I5,4 м.

Требуется выбрать рациональные типы и параметры крепи на стадии разработки детального проекта (IЭТ = 2)

Порядок расчета

I. Заполнение карт исходных данных в соответствии с табл. I. Первая карта исходных данных совпадает, кроме первой позиции (в первой позиции вместо I следует поставить 2 (IЭТ = 2)), с первой картой примера П.I.I. Карты 2–6 полностью совпадают с соответствующими картами примера П.I.I.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
7 карта	1	0	·	0	0	0	1	5	·	4		0	0	1	0	·	0	0	0	1	5	·	4

23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
0	0	9	·	0	9	·	0	2	·	0	0	0	3

При расчете камеры (КГ = 3) добавляется еще одна карта:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
8 карта	2	1	5	0	0	3	·	0	0

2. Результаты расчета выдаются для одного сечения камеры, расположенного по ее середине. Анализ результатов расчета, представленных в табл. 5, позволяет рекомендовать для крепления камеры сводчатую бетонную крепь с прямыми стенами при толщине в своде 45 см и в стенах 60 см (стоимость сооружения 1 п. м 445 руб.) или податливую крепь из спецпрофиля СВП-27 с двумя рамами на 1 п. м (стоимость сооружения – 495 руб.).

П.1.3. Расчет сопряжения

Сопряжение (КГ = 1) двух выработок первого типа (LT = 1) расположено на глубине НГ = 1000 м шахты А Донбасса (LБАС = 1) в районе одиночной выработки, геологические данные по которой приведены в примере П.1.1. Угол, под которым сопрягаются выработки, LУС = = 30^0. Половина ширины примыкающей выработки ВОС = 1,8 м. Ширина в свету основной расчетной выработки ВВ = 4,8 м, высота ее НВ = = 3,4 м, высота, до которой выдерживается заданная ширина выработки НГ = 1,9. Шаг расчетных сечений ШАГ = 5 м. Координаты начала расчетной выработки на сопряжении задаются от точки пересечения боковых внутренних поверхностей сопрягающихся выработок (по горизонтальному сечению) ХО1 = 10 м, УО1 = 50 м. Координаты конца выработки: ХО2 = 30 м, УО2 = 50 м.

Требуется найти рациональные типы и параметры крепи на стадии выбора вариантов расположения выработок (L9T = 1).

Порядок расчета

1. Заполнение карт исходных данных. Первые шесть карт исходных данных полностью совпадают с соответствующими картами примера П.1.1.

Таблица 5

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
КАПИТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

ФН Е Д Р Д*

/ВАРИАНТ 1, 1978 Г

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР,

/ В Н И М И /

УТОЧНЕННЫЙ ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ КРЕПИ И СТОИМОСТИ
СООРУЖЕНИЯ ВЫРАБОТОК

ШАХТЫ ДОНБАССА

ГЛУБИНА 1000М АЗИМУТ ПАДЕНИЯ 0ГРАД УГОЛ ПАДЕНИЯ 45ГРАД
УГОЛ ВСТРЕЧИ ВЫРАБОТКИ С НАПРАВЛЕНИЕМ ПРОСТИРАНИЯ 45ГРАД
ШИРИНА ВЫРАБОТКИ 0.0М ВЫСОТА 0.0М В СВЕТУ

КАМЕРА

КРОВЛЯ : АЛЕВРОЛИТ-5806.*ТС/М2

ПОЧВА : АРГИЛЛИТ -5372.*ТС/М2

БОКА : АЛЕВРОЛИТ-4402.*ТС/М2

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ КАМЕРЫ ТАБЛИЦА N

ТИП 2 ПРОС 3.00LP 15Н А74

Исходные данные : Н=1000М : КН= 50 : ФА= 45ГРАД : Т1=5000СУТ

С3К	С3Б	С3П	FLK	FLБ	FLП
0.20	0.15	0.05	0.50	0.50	0.20

ПО НОРМАЛ АЛЕВРОЛИТ . СК=1426.*Т/М2 : ФI=34ГРАД : Р0=4.98М

: Т :	РЖ :	РМТН:	U0 .	Z1 .	Z2 :	Z3 :	PL .	V :
:СУТКИ:	Т/М2:	Т/М2:	СМ .	.	. :	:	М .	МН/СУТ :

2.	1.	1.	1.30	1.00	1.15	1.00	0.51	5.06
10.	3.	3.	4.35	1.00	1.32	1.00	1.12	3.41
30.	3.	3.	6.94	1.00	1.38	1.00	1.32	0.89
80.	4.	4.	8.80	1.00	1.42	1.00	1.48	0.19
360.	5.	5.	11.39	1.00	1.51	1.00	1.81	0.07
5500.	5.	5.	11.80	1.00	1.53	1.00	1.86	0.00

ПОЧВА : АРГИЛЛИТ . SK=1577 Т/М2 : ФI=33ГРАД : R0=4.98М

T	PЖ	PMIN	U0	Z1	Z2	Z3	RL	V
СУТКИ	Т/М2	Т/М2	СМ				М	ММ/СУТ
2.	0.	0.	1.49	1.00	1.16	1.00	0.56	5.90
10.	0.	0.	5.04	1.00	1.34	1.00	1.19	3.98
30.	0.	0.	8.14	1.00	1.40	1.00	1.41	1.07
80.	0.	0.	10.35	1.00	1.45	1.00	1.58	0.22
360.	0.	0.	13.33	1.00	1.54	1.00	1.92	0.08
5500.	0.	0.	13.80	1.00	1.56	1.00	1.97	0.00

БОКА : АЛЕВРОЛИТ : SK=1503 Т/М2 : ФI=31ГРАД : R0=4.78М

T	PЖ	PMIN	U0	Z1	Z2	Z3	RL	V
СУТКИ	Т/М2	Т/М2	СМ				М	ММ/СУТ
2.	0.	1.	1.16	1.00	1.00	1.06	0.29	3.95
10.	1.	2.	4.36	1.00	1.23	1.00	1.10	3.34
30.	2.	2.	6.81	1.00	1.28	1.00	1.34	0.83
80.	2.	3.	8.51	1.00	1.32	1.00	1.54	0.16
360.	3.	4.	10.69	1.00	1.41	1.00	1.96	0.06
5500.	3.	4.	11.03	1.00	1.42	1.00	2.02	0.00

РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

	КРОВЛЯ	ПО НОРМАЛИ	БОКА	ПОЧВА
ПЕРЕМЕЩЕНИЕ	8.34 СМ	11.80 СМ	11.03 СМ	13.80 СМ
НАГРУЗКА	3.4Т/М2	4.8Т/М2	3.7Т/М2	0.0Т/М2
ЗОНА НЕУП ДЕФОРМ	1.3 М	1.9 М	2.0 М	2.0 М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВЫЙ СВОД
ПОДАТЛИВАЯ СВП D= 0.СМ NП= 27 ШР=2.0Р/ПМ СТ= 493.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 36.8М2, ВЧЕРНЕ 41.9М2, ПЕРИМЕТР 16.4 М
СЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

Продл. табл. 5

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ КАМЕРН ТАБЛИЦА N

ТИП ? ВВОС 3.00LP 15Н А67

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ : Н=1000М : КН= 50 : ФА= 45ГРАД : Т1= 30СУТ

СЗК	СЗБ	СЗП	FLK	FLБ	FLП
0.20	0.15	0.09	0.50	0.20	0.20

ПО НОРМАЛ АЛЕВРОЛИТ • SK=1626.Т/М2 : ФI=34ГРАД : Р0=5.05М

Т : СУТКИ	РЖ : Т/М2	РМIN: Т/М2	U0 : СМ	Z1 :	Z2 :	Z3 :	RL : М	V : ММ/СУТ
2.	1.	1.	1.30	1.00	1.14	1.00	0.51	5.03
10.	3.	3.	4.31	1.00	1.31	1.00	1.12	3.38
32.	5.	5.	7.04	1.00	1.37	1.00	1.33	0.86
80.	9.	6.	8.40	1.00	1.41	1.00	1.45	0.15
360.	24.	6.	9.96	1.00	1.47	1.00	1.67	0.04
5500.	27.	6.	10.19	1.00	1.47	1.00	1.69	0.00

ПОЧВА : АРГИЛЛИТ • SK=1577.Т/М2 : ФI=33ГРАД : Р0=5.05М

Т : СУТКИ	РЖ : Т/М2	РМIN: Т/М2	U0 : СМ	Z1 :	Z2 :	Z3 :	RL : М	V : ММ/СУТ
2.	0.	0.	1.49	1.00	1.16	1.00	0.56	5.87
10.	0.	0.	4.99	1.00	1.33	1.00	1.19	3.95
32.	0.	0.	8.26	1.00	1.40	1.00	1.42	1.03
80.	0.	0.	10.27	1.00	1.44	1.00	1.58	0.22
360.	0.	0.	13.19	1.00	1.54	1.00	1.92	0.08
5500.	0.	0.	13.65	1.00	1.55	1.00	1.97	0.00

БОКА : АЛЕВРОЛИТ : SK=1503.Т/М2 : ФI=31ГРАД : Р0=4.76М

Т : СУТКИ	РЖ : Т/М2	РМIN: Т/М2	U0 : СМ	Z1 :	Z2 :	Z3 :	RL : М	V : ММ/СУТ
2.	0.	0.	1.19	1.00	1.00	1.00	0.27	3.90
10.	1.	2.	4.28	1.00	1.23	1.00	1.08	3.27
32.	2.	4.	6.80	1.00	1.28	1.00	1.33	0.78
80.	7.	4.	8.18	1.00	1.31	1.00	1.49	0.14
360.	14.	4.	9.84	1.00	1.36	1.00	1.88	0.05
5500.	16.	4.	10.13	1.00	1.40	1.00	1.89	0.00

Продл. табл. 5

ТАБЛИЦА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

НЕЗАМКНУТАЯ БЕТОННАЯ КРЕПЬ R1= 900. NP=0
КАСАТЕЛЬНЫЙ ОТПОР
НАГРУЗКА РАДИАЛЬНАЯ
МОНОЛИТНАЯ NP=22 F=2650000. RW=17000
УГОЛ ТРЕНИЯ FI= 0.ГРАД. ALP НАЧ= 0.ГРАД.
N1= 7 ЭЛ-ТОВ N2= 4 ЭЛ-ТОВ
Q1= 0. Т/М2 Q2= 0. Т/М2 KX= 16251. Т KY= 122265. Т
КОЛ-ВО ИТЕРАЦИЙ 1.

НОМЕРА ЭЛ-ТОВ	K Т/М3	S	Z	ALP ГРАД.	R М	FJ ТМ2	EF Т	P Т/М2
1	28496.	1	1	8.4	6.43	19920	1188487	19.
2	28496.	1	1	8.4	6.43	19920	1188487	21.
3	28496.	1	1	8.4	6.43	19920	1188487	24.
4	28496.	1	1	8.4	6.43	19920	1188487	29.
5	126964.	1	1	18.8	2.51	29881	1366760	31.
6	126964.	1	1	18.8	2.51	29881	1366760	32.
7	126964.	1	1	18.8	2.51	29881	1366760	23.
1	20744.	0	1	90.0	0.36	43826	1545033	15.
2	20744.	0	1	90.0	0.36	43826	1545033	13.
3	20744.	0	1	90.0	0.36	43826	1545033	15.
4	20744.	0	1	90.0	0.36	43826	1545033	16.

НОМЕР УЗЛА	РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ U(I,M) СМ	R(I,M) Т/М2	M(I,M) ТМ	N(I,M) Т	NS(I,M) Т	ТОЛЩ СМ	КОЛ.РАМ Р/ПМ
0	0.1	-0.	2.0	-129.	-242.	45.	0
1	0.1	-2.	2.6	-129.	-237.	45.	0
2	0.1	-4.	3.6	-126.	-229.	45.	0
3	0.1	-5.	2.1	-123.	-240.	45.	0
4	0.0	-6.	-6.1	-119.	-210.	45.	0
5	0.0	-28.	-11.7	-116.	-214.	52.	0
6	0.0	-33.	-5.0	-93.	-246.	52.	0
7	0.0	-40.	4.0	-50.	-202.	52.	0
0	0.1	7.	0.0	-40.	-336.	58.	0
1	0.1	-7.	4.6	-41.	-242.	58.	0
2	0.1	-7.	7.0	-43.	-216.	58.	0
3	0.1	-7.	7.5	-46.	-215.	58.	0
4	0.1	-7.	6.0	-50.	-237.	58.	0

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВЫЙ СВОД
БЕТОННАЯ D=45.СМ NП= 0 ШР=0.ПР/ПМ СТ= 443.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 36.8М2, ВЧЕРНЕ 42.6М2, ПЕРИМЕТР 16.5 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

	I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22
7 карта	I	0	·	0	0	0	3	0	·	0	0	0	5	0	·	0	0	0	5	0	·	0

23	24	25	26	27	28	29	30	3I	32	33	34	35	36
0	0	3	·	4	4	·	8	I	·	9	0	5	I

При расчете сопряжения (КГ = I) добавляется еще одна карта:

	I	2	3	4	5	6	7	8	9
8 карта	I	0	3	3	0	I	·	8	0

2. При расчете сопряжения результаты выдаются вначале для трех сечений: LP = 3 м, LPП/3 и LPП (где LP – расстояние первого расчетного сечения от центра сопряжения, LPП – предельное расстояние, на котором выработки оказывают влияние друг на друга), а затем с заданным шагом для сечений, удаленных от зоны влияния сопряжения до конца выработки.

Анализ результатов вычислений по приближенной схеме (без расчета крепи LЭТ = I), представленных в табл. 6, позволяет рекомендовать на протяжении всей выработки податливую крепь СВП-I7 с шагом 0,5 м с различным объемом упрочнения пород по мере удаления сечений от центра сопряжения. Так, вблизи центра сопряжения стоимость сооружения I п. м выработки составляет 530 руб., а на удалении 20 м – 275 руб./п. м.

П.I.4. Выбор оптимальной крепи

На участке квершлага протяженностью L = 400 м необходимо подобрать однотипную по минимуму приведенных затрат крепь. Выработка расположена на труднопроветриваемом направлении вентиляционной сети (М = I). Через квершлаг должно поступать IQ = 90 $м^3$ свежего воздуха в секунду. Производительность шахты IАГ = 600000 т угля в год.

По горнотехническим условиям выработку делим на три однотипных элемента. Суммарная длина элементов I типа L_1 = I40 м, II типа L_2 = 60 м, III типа L_3 = 200 м. Результаты расчета проявлений горного давления в квершлаге с использованием автоматизированной системы проектирования НЕДРА приведены в табл. 7.

Таблица 6

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЙ ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ КРЕПИ И СТОИМОСТИ
СООРУЖЕНИЯ ВЫРАБОТОК
ШАХТЫ ДОНБАССА
ГЛУБИНА 1000М АЗИМУТ ПАДЕНИЯ 0ГРАД УГОЛ ПАДЕНИЯ 65ГРАД
УГОЛ ВСТРЕЧИ ВЫРАБОТКИ С НАПРАВЛЕНИЕМ ПРОСТИРАНИЯ 80ГРАД
ШИРИНА ВЫРАБОТКИ 4.8М ВЫСОТА 3.4М В СВЕТУ

СОПРЯЖЕНИЕ

ТИП 1 РАССТОЯНИЕ ОТ ЦЕНТРА СОПРЯЖЕНИЯ 3М
УГОЛ СОПРЯЖЕНИЯ 30ГРАД
ПОЛОВИНА ШИРИНЫ ПРИМЫКАЮЩЕЙ ВЫРАБОТКИ 1.8М

УДАЛЕНИЕ ОТ НАЧАЛА ВЫРАБОТКИ 3.0М X= 13.0М Y= 50.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВЫЙ СВОД
ЖБ СВ+ЦЕМЕНТ D=28.0СМ NП= 22 ПР=2.0Р/ПМ СТ= 633.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 15.0М2, ВЧЕРНЕ 18.9М2, ПЕРИМЕТР 11.2 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 4.2М, В БОКАХ 0.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ЗАМКНУТАЯ,КОРОБОВЫЙ СВОД
ЖБ ЗАМ+ЦЕМЕНТАЦ D=28.0СМ NП= 20 ПР=1.0Р/ПМ СТ= 634.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 19.4М2, ВЧЕРНЕ 31.5М2, ПЕРИМЕТР 17.2 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 4.2М, В БОКАХ 0.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВЫЙ СВОД
СВП+ЦЕМЕНТАЦИЯ D= 0.0СМ NП= 17 ПР=2.0Р/ПМ СТ= 530.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 15.0М2, ВЧЕРНЕ 18.1М2, ПЕРИМЕТР 11.1 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 4.2М, В БОКАХ 0.0М

УДАЛЕНИЕ ОТ НАЧАЛА ВЫРАБОТКИ 6.0М X= 16.0М Y= 50.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ЗАМКНУТАЯ,КОРОБОВЫЙ СВОД
ЖЕЛ БЕТ ЗАМКНУТ D=27.0СМ NП= 20 ПР=2.0Р/ПМ СТ= 482.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 19.4М2, ВЧЕРНЕ 26.9М2, ПЕРИМЕТР 17.2 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВЫЙ СВОД
СВП+ЦЕМЕНТАЦИЯ D= 0.0СМ NП= 17 ПР=2.0Р/ПМ СТ= 352.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 15.0М2, ВЧЕРНЕ 17.7М2, ПЕРИМЕТР 11.1 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 1.7М, В БОКАХ 0.0М

УДАЛЕНИЕ ОТ НАЧАЛА ВЫРАБОТКИ 10.0М X= 18.0М Y= 50.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВАЯ СВОД
ПОДАТЛИВАЯ СВП D= 0.СМ NП= 1? ШР=2.0Р/ПМ СТ= 27?.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 15.0М2, ВЧЕРНЕ 17.8М2, ПЕРИМЕТР 11.1 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВАЯ СВОД
ЖЕЛЕЗОБЕТОННАЯ D=27.СМ NП= 20 ШР=1.0Р/ПМ СТ= 300.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 15.0М2, ВЧЕРНЕ 18.6М2, ПЕРИМЕТР 11.? М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВАЯ СВОД
СВП+ЦЕМЕНТАЦИЯ D= 0.СМ NП= 19 ШР=1.0Р/ПМ СТ= 274.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 15.0М2, ВЧЕРНЕ 17.8М2, ПЕРИМЕТР 11.1 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 1.2М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

УДАЛЕНИЕ ОТ НАЧАЛА ВЫРАБОТКИ 20.0М X= 30.0М Y= 50.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВАЯ СВОД
ПОДАТЛИВАЯ СВП D= 0.СМ NП= 1? ШР=2.0Р/ПМ СТ= 27?.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 15.0М2, ВЧЕРНЕ 17.8М2, ПЕРИМЕТР 11.1 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВАЯ СВОД
ЖЕЛЕЗОБЕТОННАЯ D=27.СМ NП= 20 ШР=1.0Р/ПМ СТ= 300.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 15.0М2, ВЧЕРНЕ 18.6М2, ПЕРИМЕТР 11.? М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 0.0М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

КРЕПЬ С ПРЯМЫМИ СТЕНАМИ ОТКРЫТАЯ,КОРОБОВАЯ СВОД
СВП+ЦЕМЕНТАЦИЯ D= 0.СМ NП= 19 ШР=1.0Р/ПМ СТ= 274.РУБ/ПМ
СЕЧЕНИЕ В СВЕТУ 15.0М2, ВЧЕРНЕ 17.8М2, ПЕРИМЕТР 11.1 М
ГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИИ В КРОВЛЕ 1.2М, В ПОЧВЕ 0.0М, В БОКАХ 0.0М

Условные обозначения в табл. 7 соответствуют условным обозначениям исходных данных раздела 3.

Порядок расчета

I. Определяем вероятности отказов в кровле и почве для трех вариантов крепи.

а) Крепление квершлага на всем протяжении L = 400 м податливой крепью, рекомендуемой на I элементе выработки.

Таблица 7

Типы элементов выработки	Рекомендуемые варианты крепи	Нагрузки в кровле, т/м^2		Поднятие почвы, см
		на податливую крепь	на жесткую крепь	
I	L_1 = I40 м. Сводчатая податливая СВП, 2 рамы/п.м. $S(I)$=I9,6 м^2; $P(I)$=I2,4 м, КПР(I)=390 руб./п. м.	6,5	32	I9
II	L_2=60 м. Железобетонная замкнутая, 3 двутавра № 20 на I п. м. $S(2)$=2I м^2; $P(2)$=I8,8 м, КПР(2)= = 680 руб./п. м.	I0,5	54	43
III	L_3=200 м. Сводчатая бетонная крепь; $S(3)$= =I9,6 м^2; $P(3)$=I2,4 м; КПР(3)=290 руб./п. м.	5,2	25	I5

Периоды отказов в кровле определяем по формуле (8):

$$t_1 = I5 \text{ лет}; \quad t_2 = \frac{I0^{\frac{6,5}{I0,5}\cdot 3,2I} - I}{I08} = 0,92 \text{ года};$$

$$t_3 = \frac{I0^{\frac{6,5}{5,2}\cdot 3,2I} - I}{I08} = 92 \text{ года}.$$

Вероятность отказов в кровле определяем по формуле (7):

$$PK(I) = I - \frac{I}{400}\left(\frac{I40}{I5} + \frac{60}{0,92} + \frac{200}{92}\right) = 0,8I$$

Периоды отказов в почве находим по формуле (9):

$$t_1 = \frac{I0^{\frac{65}{I9}} - I}{I08} = 30 \text{ лет}; \quad t_2 = \frac{I0^{\frac{65}{43}} - I}{I08} = 0,29 \text{ лет};$$

$$t_3 = \frac{I0^{\frac{65}{I5}} - I}{I08} = I00 \text{ лет}.$$

Вероятность отказов в почве определяем по формуле (7):

$$РП(1) = I - \frac{I}{400} \left(\frac{140}{30} + \frac{60}{0,29} + \frac{200}{100} \right) = 0,47$$

б) Крепление квершлага железобетонной замкнутой крепью с жесткой арматурой. Расчетные формулы (7)-(9).

К р о в л я

$$t_1 = \frac{10^{2,0}}{108} - I = 100 \text{ лет}; \quad t_2 = 15 \text{ лет}; \quad t_3 = 100 \text{ лет}.$$

$$РК(2) = I - \frac{I}{400} \left(\frac{140}{100} + \frac{60}{15} + \frac{200}{100} \right) = 0,98.$$

Вероятность отказов при закрепленной почве принимаем равной нормативной:

$$РП(2) = P^{н} = 0,95.$$

в) Крепление квершлага сводчатой бетонной крепью.

К р о в л я

$$t_1 = \frac{10^{2,0}}{108} - I = 2,9 \text{ года}; \quad t_2 = \frac{10^{0,4}}{108} - I = 0,29 \text{ года};$$

$$t_3 = 15 \text{ лет}.$$

$$РК(3) = I - \frac{I}{400} \left(\frac{140}{2,9} + \frac{60}{0,29} + \frac{200}{15} \right) = 0,33.$$

П о ч в а

$$t_1 = 30 \text{ лет}; \quad t_2 = 0,29 \text{ лет}; \quad t_3 = 100 \text{ лет};$$
$$РП(3) = 0,47.$$

2. Согласно инструкции (см. раздел 3) подготавливаем перфокарты исходных данных для расчета по программе ОПТИМ.

На 1-ю перфокарту вводим данные, являющиеся общими для всех видов крепи.

I карта																						
NN	IB	L			IAГ				IQ			M	Ц								N	
I1	I1	I3			I7				I3			I1	F5.I								I2	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22	23
3	I	4	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	9	0	I	0	2	2	.	7	0	4

Если число занимает меньше позиций, чем на него отведено форматом, то лишние позиции заполняем нулями (например, на 1-й карте позиции 6, I3, I7, 22).

Номер карты	LBKB(I)		S(I)				P(I)				КПР(I)				РК(I)				РП(I)				С6(I)			
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22	23	24	25	26
	I2		F4.I				F4.I				I4				F4.2				F4.2				F4.I			
2	0	7	I	9	·	6	I	2	·	4	0	3	9	0	0	·	8	I	0	·	4	7	0	5	·	0
3	0	4	2	I	·	0	I	8	·	8	0	6	8	0	0	·	9	8	0	·	9	5	0	0	·	0
4	0	I	I	9	·	6	I	2	·	4	0	2	9	0	0	·	3	3	0	·	4	7	0	0	·	0

Таблица 8

Вариант	Виды усиления						Перекрепление крепи		Поддирка почвы
	анкер	набрызг-бетон	набрызг-бетон + тампонаж	С В П	бетон + тампонаж	возведение обратного свода	замкнутой	незамкнутой	
I	83,9	0,0	97,5	0,0	I08,4	I08,4	I22,I	I08,4	8I,I
2	II2,3	0,0	II3,8	0,0	II4,8	II5,3	I22,3	II4,8	0,0
3	8I,6	88,8	II7,4	I3I,7	I46,0	I53,2	0,0	I525,0	8I,6

На последующих картах набиваем величины, характеризующие данный вариант вида крепи. Значения величин для NN варианта заполняем на перфокарте номер (NN+1).

В данном случае имеем:

LBKB(1) = 7; S(1) = 19,6 м^2; P(1) = 12,4 м; КПР(1) = 390 руб./м.
РК(1) = 0,81; РП(1) = 0,47; С6(1) = 5 руб./м в год;
LBKB(2) = 4; S(2) = 21 м^2; P(2) = 18,8 м; КПР(2) = 680 руб./м;
РК(2) = 0,98; РП(2) = 0,95; С6(2) = 0;
LBKB(3) = 1; S(3) = 19,6 м^2; P(3) = 12,4 м; КПР(3) = 290 руб./м;
РК(3) = 0,33; РП(3) = 0,47; С6(3) = 0.

Результаты расчета по программе ОПТИМ выдаются в виде таблицы приведенных затрат (тыс. руб./год) по рассматриваемым трем вариантам для различных видов восстановления и перекрепления крепи (табл. 8).

Поскольку виды восстановления крепи при ее проектировании неизвестны, то выбор рационального варианта однотипной крепи производим с учетом перекрепления выработки. Анализ табл. 8 позволяет рекомендовать на участке сводчатую податливую крепь, для которой приведенные затраты минимальны и составляют 108,4 тыс. руб./год. Близким по значению приведенных затрат оказывается вариант железобетонной замкнутой крепи при перекреплении ее на незамкнутую крепь. Третий вариант крепи – сводчатая бетонная крепь – оказывается совершенно неприемлемым ввиду его низкой надежности.

Приложение 2

ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И АЛГОРИТМЫ СИСТЕМЫ НЕДРА

Работа системы (рис. I) начинается с ввода исходных данных в головной программе, имя которой совпадает с именем всей системы. В программе НЕДРА по заданной геологической колонке, координатам начала и конца выработки определяют угол встречи выработки с направлением простирания. После определения приведенных характеристик массива горных пород (подпрограмма СИГМА) для рассматриваемого расчетного сечения управление передается в программу ВЫБОР, из которой производится обращение к программе ШТРЕК. Вначале расчет по программе ШТРЕК выполняется для условий применения податливой крепи с минимальным отпором. По расчетным смещениям контура в соответствии с рекомендациями Указаний в программе ВЫБОР производится выбор рациональной формы выработки, типа и параметров крепи. Для условий применения жесткой крепи из программы ВЫБОР производится повторное обращение к программе ШТРЕК с целью определения нагрузок на крепь. Для приближенного расчета (IЭТ=I) параметры крепи определяются без статического и прочностного расчетов по рекомендациям Указаний, при уточненном (IЭТ=2) параметры крепи проверяются на основе статического и прочностного расчетов по программе АЛЬФА. После определения параметров крепи по программе СМЕТА вычисляются приближенные стоимостные параметры проведения и крепления выработки. Результаты расчета через АЦПУ выдаются на печать. Если выработка расположена в неоднородной среде или на нее влияют смежные и сопрягающиеся выработки, то управление вновь передается программе НЕДРА, и для нового расчетного сечения в той же последовательности расчет повторяется.

П.2.I. Программа НЕДРА

При расчете проявлений горного давления в капитальных выработках необходимо, в первую очередь, определить механические характеристики горных пород в расчетном поперечном сечении. В Указаниях принято для каждого расчетного сечения определять приведенные характеристики пород по элементам выработки: в кровле, боках и в почве.

Задача эта проста, но если учесть, что для каждого расчетного сечения выработки необходимо дополнительно выделить слои, пара-

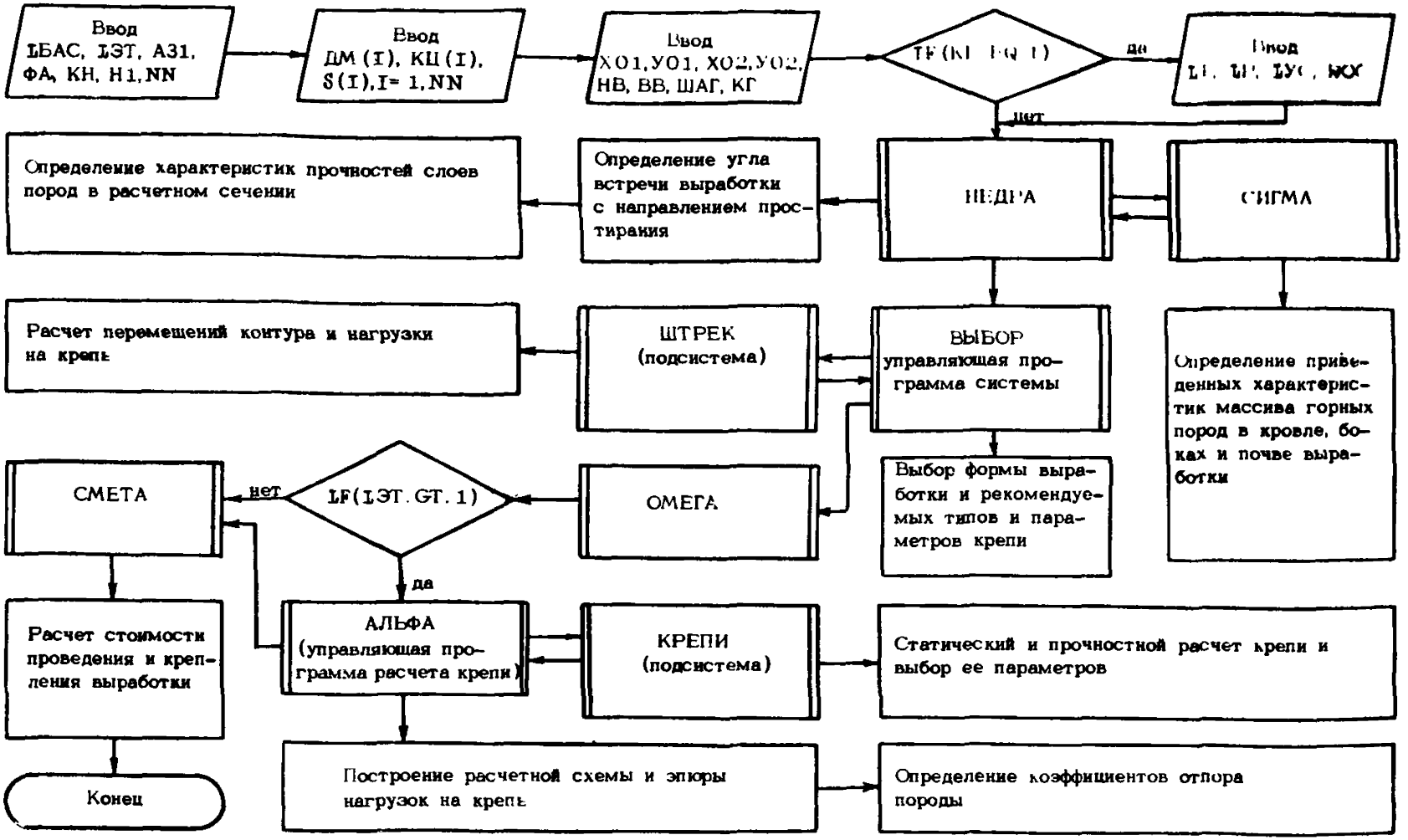


Рис. I. Система автоматизированного проектирования капитальных выработок

метры которых используются при определении приведенных характеристик по элементам выработки, то и для традиционного проектирования автоматизация подобных расчетов представляет интерес.

При использовании автоматизированной системы проектирования, выбирая варианты расположения сети капитальных выработок, предполагается рассмотреть сотни расчетных сечений, определение приведенных характеристик для которых без применения ЭВМ становится нереальным.

При расчете проявлений горного давления по эмпирической методике, используемой в Указаниях, в качестве характеристики среды принят предел прочности породы на сжатие в "куске" R_c. Однако, как показали аналитические расчеты, кроме прочности на сжатие, существенное влияние на величины смещений и нагрузок на крепь оказывают характеристики паспорта прочности, литологический тип и связанная с ним различная реология горных пород.

В экспериментально-аналитическом методе (см. П.2.2), на котором основаны настоящие Рекомендации, используется целый ряд показателей механических свойств горных пород. Это, кроме прочности на сжатие, показатели объемной прочности: сцепление K и угол внутреннего трения φ ; показатели пластичности в допредельном $П_I$ и запредельном $П_2$ состоянии; деформационные характеристики: модуль упругости E, коэффициент Пуассона ν ; реологические характеристики: параметры линейно-наследственной ползучести α , δ и параметры изменения прочности во времени α_1 и β_1 .

Для определения приведенных показателей в Рекомендациях используются корреляционные зависимости, приводимые ниже.

Прочностные и пластические свойства массива горных пород

Для большинства горных пород условие прочности Кулона-Мора предпочтительнее. При допущении прямолинейной огибающей оно имеет вид:

$$\sigma_1 - \beta\sigma_3 = R_c \ , \qquad (10)$$

где $\beta = \dfrac{1+\sin\varphi}{1-\sin\varphi}$.

Как показал анализ опубликованных результатов испытания горных пород, характеристика объемной прочности φ (угол внутреннего трения) остается неизменной при испытаниях с различной скоростью деформирования, включая запредельное деформирование на жестких прессах.

Постоянство угла внутреннего трения для монолитных и структурно-нарушенных образцов позволяет ввести допущение о сохранении его значения и для массива горных пород. Таким образом, при построении условия прочности для массива горных пород достаточно, в первом приближении, рассчитать коэффициент структурных ослаблений f_R, определяемый отношением прочности в массиве $R_м$ к прочности в "куске" R_c.

Коэффициент структурных ослаблений, в первую очередь, зависит от интенсивности трещиноватости, прочности контактов, направления трещин относительно главных напряжений, а также от отношения характерного размера сооружения к размеру элементарного блока породы $l_т$.

Г. Л. Фисенко предложена формула для определения коэффициента структурных ослаблений:

$$f_R = \frac{1}{1 + k \ln \frac{B}{l_т}}, \qquad (11)$$

где B – характерный размер рассматриваемого объекта (ширина или высота); $l_т$ – расстояние между трещинами (при двух и более системах трещин $l_т$ – минимальное расстояние между параллельными секущими плоскостями); k – эмпирический коэффициент.

При геологических изысканиях расстояние между трещинами не всегда может быть определено с достаточной надежностью. В работе В. В. Райского и В. В. Комиссарова (ВНИМИ), выполненной на основе натурных наблюдений, построена корреляционная зависимость расстояния между трещинами $l_т$ от прочности в "куске" R_c. Полученный относительно большой разброс $l_т$ при одинаковой прочности R_c объясняется не только естественным разбросом, так как расстояние между трещинами (при прочих равных условиях) зависит и от сил, вызывающих появление трещин в массиве горных пород. Поэтому при одинаковой прочности на сжатие R_c степень нарушенности отдельных районов будет различной. Для количественной оценки степени нарушенности района привлечем коэффициент дизъюнктивной нарушенности КН, введенный шахтными геологами при оценке нарушенности пластов угля. Этот коэффициент в какой-то степени содержит информацию о силах, вызвавших нарушения в пластах и боковых породах и позволяет косвенно оценить их.

Для определения корреляционной зависимости расстояния между трещинами от коэффициента нарушенности КН и прочности на сжатие R_c допустим, в первом приближении, что максимальные значения $l_т$, по данным натурных наблюдений, относятся к слабонарушенным масси-

вам (КН = 25), а максимальные значения $l_т$ – к сильнонарушенным массивам (КН = 250). В таком случае корреляционная зависимость может быть представлена в виде:

$$l_т = 1{,}63 \cdot 10^{-8} R_c^2 \exp(-0{,}02\,КН) + 10^{-5} R_c (0{,}8 + 0{,}004КН) + 0{,}4 - 0{,}002КН, \quad (12)$$

где R_c – в т/м^2; КН – безразмерный коэффициент; $l_т$ – в метрах[x].

При отсутствии данных непосредственных измерений зависимость (12) может быть использована для расчета коэффициента структурных ослаблений f_R по формуле (11). При этом коэффициент k, полученный косвенно применительно к расчету устойчивости выработок, принимает значение 0,7.

Допущение о независимости коэффициента структурных ослаблений при расчете его по формуле (11) от направления главных напряжений относительно направления трещин справедливо лишь для однородной среды при большом числе систем ослабления. Для неоднородной среды заметное влияние на коэффициент структурных ослаблений, а следовательно, и на устойчивость выработок, оказывает направление проходки относительно простирания пород или основной системы трещин. Для выработок, проходимых в направлении простирания или основной системы трещин, с учетом рекомендаций В. В. Райского и В. В. Комиссарова, принимаем поправочный коэффициент ослаблений $f_ш$:

$$f_ш = 0{,}6 + 2 \cdot 10^{-5} R_c. \quad (13)$$

Для выработок, проходимых вкрест простирания пород, $f_ш = 1$.

Исследования проявлений горного давления в шахтных условиях Ю. М. Басинского и Е. А. Иванова (ВНИМИ) показали, что с увеличением угла падения пород α повышается устойчивость выработок, особенно при расположении их в слабых неустойчивых породах[xx]. По-видимому, относительное повышение устойчивости происходит вследствие зависания слабых пород между прочными. При разработке эмпирических методик эффект снижения проявлений горного давления учитывают с помощью коэффициентов влияния, вводимых в расчетные формулы для смещений и нагрузок на крепь. В качестве альтернативного подхода предлагается ввести поправочный коэффициент в расчет-

---

[x] В дальнейшем размерности величин в Рекомендациях не указаны. Принято: длина в метрах, сила – в тоннах, напряжения – в т/м^2, углы – в градусах

[xx] Здесь имеется в виду повышение устойчивости относительно пород той же прочности на пологом падении.

ную прочность массива горных пород, который может быть получен лишь косвенным путем. Для его определения введена функциональная зависимость, коэффициенты которой определяют из условия совпадения расчетных перемещений контура выработки с результатами шахтных измерений:

$$f_{\alpha} = \exp\left(\frac{\alpha A_{\delta}}{400}\right), \qquad (14)$$

где

$$A_{\delta} = \frac{\gamma H}{R_c f_R}; \qquad (15)$$

γ – объемный вес, принимаемый при составлении программ равным 2,6 т/м^3; H – глубина расположения выработки; α – угол падения; f_R – определяем по формуле (II) при $k = 0{,}7$.

Окончательно прочность массива горных пород рекомендуется определять по формуле:

$$R_м = R_c f_w, \qquad (16)$$

где

$$f_w = \frac{f_ш f_{\alpha} f_{сп}}{1 + 0{,}7 \ln \frac{B}{l_т}}. \qquad (17)$$

В формулу (17) дополнительно введен эмпирический поправочный коэффициент $f_{сп}$, учитывающий способ проходки. При проходке выработок комбайном принимаем $f_{сп} = 1$. При буровзрывном способе проходки поправочный коэффициент рекомендуется определять по формуле:

$$f_{сп} = 1 - \exp(-A_{\delta}). \qquad (18)$$

При этом способ проходки оказывает бóльшее влияние в прочных, устойчивых породах.

Эмпирические формулы (16) и (17) позволяют учесть несовершенство используемой в экспериментально-аналитическом методе осесимметричной расчетной схемы и согласовать вычисляемые значения смещений и нагрузок на крепь с данными шахтных замеров.

Показатели пластичности

Отождествление условий прочности и пластичности при аналитическом решении задач по определению устойчивости выработок справедливо лишь для хрупких пород. При существенном отклонении деформаций на пределе упругости $\varepsilon^{у}$ от деформаций на пределе прочности $\varepsilon_I^{п}$ переход пород на контуре выработки в пластическое состояние не приводит к их разрушению.

Породы на контуре выработок не разрушаются вплоть до момента реализации предельных пластических деформаций. Критерий прочности для пластических пород предложен Н. С. Булычевым [x]

$$\varepsilon_1 \leq R_м \frac{П_1}{E}, \qquad (19)$$

где ε_1 – полные деформации в направлении действия главных напряжений; $П_I$ – показатель пластичности, равный отношению полных и упругих деформаций на пределе прочности $R_м$ до перехода пород в запредельное состояние; E – модуль упругости.

При отсутствии данных прямого определения показателя пластичности $П_I$, в первом приближении, его можно принять для песчаника равным I,I, алевролита I,5, аргиллита 2, глины 20 и угля I,05.

С использованием критерия (I9) определяем размер зоны неупругих деформаций, в которой не наблюдается разрушения пород.

Подобно критерию (I9) можно ввести критерий предельных деформаций ε_1^*, при которых происходит разрушение пород и неустойчивое их деформирование:

$$\varepsilon_1^* \leq R_м \frac{П_2}{E}, \qquad (20)$$

где $П_2$ – показатель пластичности в запредельном состоянии, равный отношению предельных деформаций, при достижении остаточной прочности R_*, к упругим деформациям ε^y на пределе прочности.

С использованием показателя пластичности $П_2$ определяем вероятность появления разрушений пород на контуре выработки.

В связи с трудностью получения сведений о запредельном деформировании массива горных пород введем гипотезу о пропорциональном снижении прочности по мере увеличения коэффициента разрыхления k_p до предельного значения $k_p^п$. Данные испытаний образцов на жестких прессах (В. Т. Глушко, Г. Т. Кирничанский – ИГТМ АН УССР) свидетельствуют, что коэффициент снижения прочности может быть принят в виде:

$$f_k = \exp\left[-\frac{4\,(k_p - I)}{k_p^п - I}\right]. \qquad (21)$$

При отсутствии данных прямых испытаний предельное значение коэффициента разрыхления принимаем в зависимости от типа пород: для глины $k_p^п = I,03$, угля – I,I, для песчаника, алевролита и аргиллита по формуле:

$$k_p^п = k_I^п\,(I,2 - 0,25\,I0^{-4}\,R_c), \qquad (22)$$

[x] Булычев Н. С., Амусин Б. З., Оловянный А. Г. Расчет крепи капитальных горных выработок. М., "Недра", I974, 320 с.

где $k_I^{п}$ – предельный коэффициент разрыхления при прочности R_c = = 5000 т/м^2, принимаемый для песчаника равным I,05, алевролита I,I, аргиллита I,2. Значение $k_p^{п}$ не должно быть меньше I и больше I,3. В некоторых случаях полную диаграмму деформирования можно аппроксимировать линейными участками, что позволяет получить простое и точное решение задачи об устойчивости выработок[x].

Упругие и реологические свойства массива горных пород

Модуль упругости E и коэффициент Пуассона ν определяются в основном на образцах малых размеров. Единичные испытания в массиве горных пород по определению прочности на сжатие и модуля упругости с параллельным определением соответствующих характеристик в "куске", позволяют сделать вывод о том, что структурные ослабления массива горных пород больше сказываются на уменьшении прочности, чем модуль упругости. Такой вывод позволяет в первом приближении, при отсутствии данных прямых испытаний использовать для определения модуля упругости массива горных пород корреляционные зависимости из "Каталога показателей прочности и деформируемости породных образцов угольных месторождений" (ВНИМИ, I973), подставив в них вместо прочности образцов R_c прочность массива $R_м = R_c f_R$:

$$E = \alpha f_R R_c + b. \qquad (23)$$

Коэффициенты α и b , входящие в корреляционную зависимость и полученные по двенадцати месторождениям СССР для трех литологических типов пород, приведены в табл. 9.

Таблица 9

Породы	$\alpha \cdot 10^{-3}$	$b \cdot 10^{-6}$	Надёжный диапазон корреляции R_c, т/м^2
Песчаники	0,226	I,22	6000–20000
Алевролиты	0,245	I,24	2500–9500
Аргиллиты			
при сжатии по нормали к напластованию	0,242	0,I6	2000–8000
вдоль напластования	0,585	0,95	2000–8000

[x] Амусин Б. З., Кошелев В. Ф., Линьков А. М. Расчет средних нагрузок на крепи горных выработок с учетом запредельного деформирования. – "Труды ВНИМИ", I977, сб. I03, с. 40–46.

Об учете запредельных деформаций при расчетах параметров крепи. (авт.: Амусин Б. З., Ардашев К. А., Кошелев В. Ф., Линьков А. М.). ФТПРПИ, I979, № 3.

Коэффициент Пуассона не оказывает существенного влияния на расчетные значения смещений и нагрузок на крепь. Поэтому с целью упрощения в расчетах принят средний коэффициент Пуассона $\nu = 0{,}2$.

Реологические свойства горных пород

В зависимости от соотношения механических характеристик горных пород и величины напряжений реологические свойства проявляются не однозначно. До определенного уровня напряжений $(0{,}5\text{-}0{,}8)R_c$ (для различных пород) проявляются лишь свойства вязкоупругости. При дальнейшем увеличении напряжений проявляются вязкопластические свойства. При расчете проявлений горного давления вязкоупругие свойства реализуются лишь в зоне упругих деформаций, при этом вместо временных операторов и их функций можно воспользоваться переменными модулями (Б. З. Амусин, А. М. Линьков – сб. ВНИМИ, № 88, 1973):

$$E_t = \frac{E}{1 + \Phi_t}; \qquad (24)$$

$$\nu_t = 0{,}5 - \frac{0{,}5 - \nu}{1 + \Phi_t}; \qquad (25)$$

$$G_t = \frac{E}{2\,(1 + \nu + 1{,}5\Phi_t)}; \qquad (26)$$

$$\Phi_t = \frac{\delta^{\,t^{\,1-\alpha}}}{1 - \alpha}. \qquad (27)$$

Параметры α и δ устанавливают в процессе длительных испытаний горных пород в режиме неизменяемой во времени нагрузки (ползучесть) или в режиме постоянной деформации (релаксация). При отсутствии данных прямых испытаний рекомендуется воспользоваться корреляционными зависимостями[x]:

$$\delta = a \cdot 10^{-3} - b \cdot E \cdot 10^{-9} \qquad (28)$$

Порода	a	b
Песчаник	3,36	0,56
Алевролит	6,65	1,39
Аргиллит	12,5	2,88
Уголь	4,73	6,90

[x] Амусин Б. З., Карелин Н. Н. Корреляционные зависимости реологических свойств основных углевмещающих пород и угля от модуля упругости. – В кн.: Устойчивость и крепление горных выработок. Л., ЛГИ, 1976, вып. 3, с. 78-82.

При подсчете функций ползучести по формуле (27) с использованием корреляционной формулы (28) время принимается в секундах, δ -с ^{0,3}, $\alpha = 0,7$.

При напряжениях выше предела вязкоупругости дальнейшее вязкопластическое деформирование может быть учтено введением в условие прочности функции снижения прочности:

$$\sigma_1 - \beta\sigma_3 = f_\omega f_k f_t R_c , \qquad (29)$$

где f_ω определяем по формуле (I7), f_k - (2I), а функция снижения прочности f_t :

$$f_t = f_\infty + (I - f_\infty)\ \exp\ (-\alpha_1 , t\ ), \qquad (30)$$

где t - время, сут; параметры f_∞ и α_1 при отсутствии данных прямых испытаний могут быть приближенно приняты:

$$f_\infty = 0,7, \quad \alpha_1 = 0,0I^{I}/\text{сут}.$$

На основе корреляционных формул, приведенных выше, составлена программа СИГМА, блок-схема которой не приведена ввиду ее простоты.

По программе СИГМА, являющейся вспомогательной к головной программе системы НЕДРА, последовательно вычисляются основные механические характеристики массива горных пород для каждого слоя. Приведенные характеристики определяются последовательным приведением по формуле:

$$\bar{A} = \frac{A_I}{\dfrac{m_1}{m_1+m_2} + \left(1 - \dfrac{m_1}{m_1+m_2}\right)\dfrac{A_I}{A_2}} , \qquad (3I)$$

где A - параметр, принимающий поочередно значения R_M, E, δ , Π_I, k_p^{Π}, f_∞ , R_c φ ; $\bar{A}$ - соответствующая приведенная характеристика; m_I, A_I, m_2, A_2 - мощность и приведенная характеристика I-го и 2-го слоя соответственно.

Расчетные мощности, в пределах которых осуществляется приведение характеристик слоев в кровле $m_к$, боках $m_б$ и почве $m_п$, принимаем в соответствии с Указаниями:

$$m_к = m_б + I,5b\ ;\ m_б = h\ ;\ m_п = m_б + b , \qquad (32)$$

где b , h - ширина и высота выработки соответственно.

Основная задача, реализуемая программой НЕДРА, состоит в установлении угла встречи выработки с направлением простирания пород Ψ , количества слоев в пределах расчетных мощностей $m_к$, $m_б$, $m_п$ и приведенных характеристик в кровле, боках и почве выработки по заданным: геологической колонке с указанием мощности каждого слоя m_i , литологическому типу породы, ее прочности на сжатие R_{ci} азимуту падения ω , глубине расположения выработки Z = H, коорди-

натам ее начала ХОI, УОI и конца ХО2, УО2, а также габаритам выработки в свету НВ, ВВ, НГ. Расчетная схема задачи представлена на рис. 2.

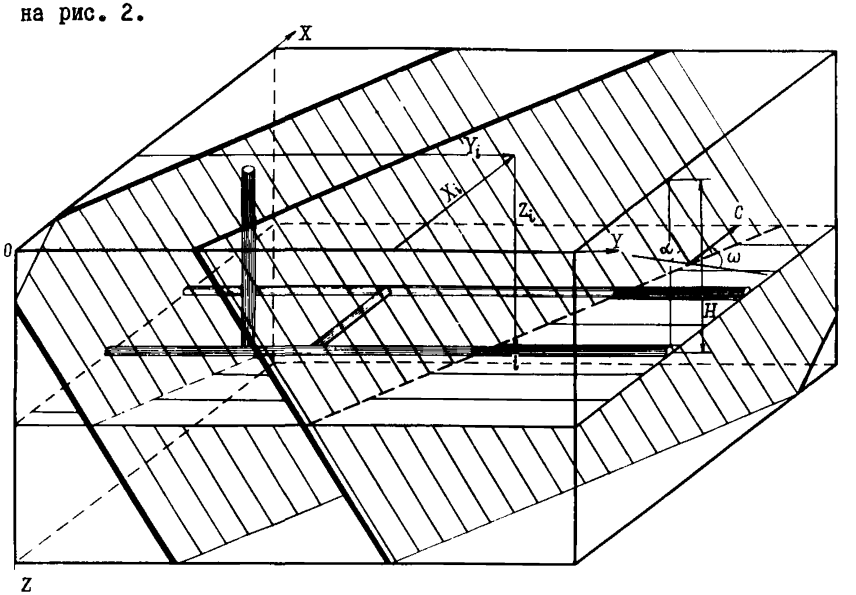


Рис. 2. Расчетная схема к программе НЕДРА

Работа программы НЕДРА (рис. 3) начинается с ввода исходных данных. Последовательность ввода исходных данных и расшифровка их приведены в разделе 2, поэтому здесь их не рассматриваем.

После ввода исходных данных вычисляется угол встречи оси выработки с направлением простирания Ψ :

$$\Psi = \operatorname{arc\,tg}\left|\frac{\cos\omega + \operatorname{tg}\varepsilon \sin\omega}{\sin\omega - \operatorname{tg}\varepsilon \cos\omega}\right|, \qquad (33)$$

где ε - угол от оси ОХ (ось ОХ совпадает с направлением на север) до направления выработки, определяемый по формуле:

$$\varepsilon = \operatorname{arc\,tg} = \frac{\text{УО2} - \text{УОI}}{\text{ХО2} - \text{ХОI}} \qquad (34)$$

Далее из заданной геологической колонки выделяются слои, попадающие в соответствующие расчетные мощности. При этом используются формулы для определения координат точки пересечения плоскости i-того слоя (X_i , Y_i) с осью выработки по почве:

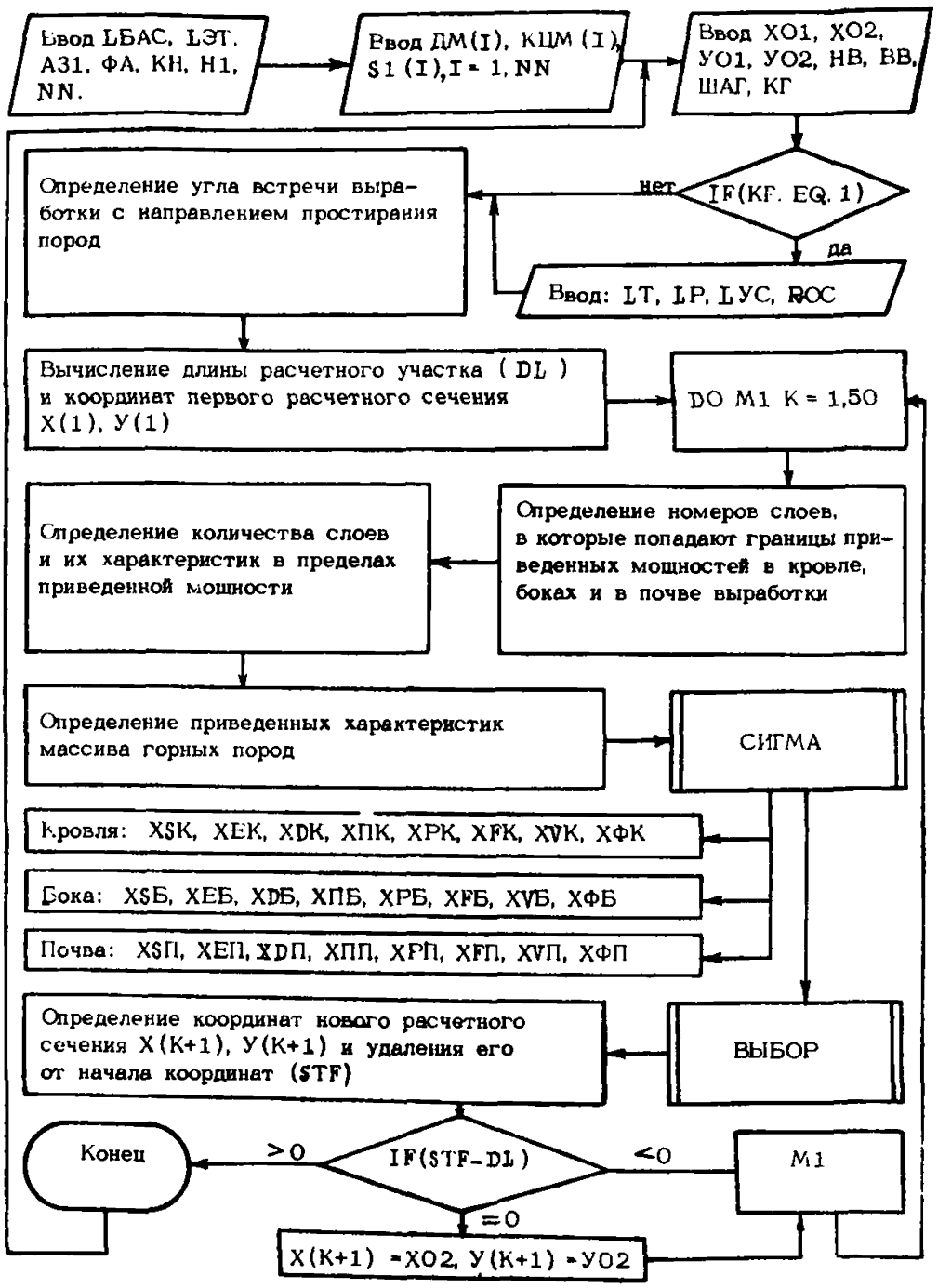


Рис. 3. Блок-схема программы НЕДРА

$$X_i = -\frac{(Y01 - X01\,tg\,\delta)\sin\alpha\cdot\sin\omega + (H - h_i)\cos\alpha}{\sin\alpha\cdot\cos\omega + \sin\alpha\cdot\sin\omega\cdot tg\,\delta};$$

$$Y_i = \frac{(Y01 - X01\,tg\,\delta)\sin\alpha\cdot\cos\omega + (H - h_i)\cos\alpha\cdot tg\,\delta}{\sin\alpha\cdot\cos\omega + \sin\alpha\cdot\sin\omega\cdot tg\,\delta}, \qquad (35)$$

где h_i – координата по оси OZ для i – того контакта слоев; H – глубина расположения выработки (до почвы).

Вывод расчетных формул (33) и (35) приведен в работе Амусина Б. З. и др. "Геометризация физико-механических свойств горных пород с применением ЭВМ" ("Шахтное строительство", 1978, № 10). Здесь же предложен подход к геометризации свойств горных пород в случае искривления слоев.

После определения приведенных характеристик горных пород по программе СИГМА последовательно для кровли, боков и почвы (прочности массива горных пород: XSK, XSБ, XSП; модуля упругости: XEK, XEБ, XEП; коэффициента ползучести: XДК, XДБ, XДП; показателя пластичности: XПК, XПБ, XПП; предельного коэффициента разрыхления: XРК, XРБ, XРП; коэффициента длительной прочности: XFK, XFБ, XFП; прочности в "куске": $XVБ^{X}$; угла внутреннего трения XФК, XФБ, XФП) производится обращение к программе ВЫБОР и переход к новому расчетному сечению. После окончания расчетов по всей длине выработки, сопряжения или камере производится ввод новых исходных данных по следующей выработке. Перед тем как перейти к программе ВЫБОР остановимся на алгоритме и блок-схеме программы ШТРЕК.

П.2.2. П р о г р а м м а ШТРЕК

Программа ШТРЕК предназначена для расчета проявлений горного давления в одиночных выработках, в выработках на участках сопряжений и в камерах. Алгоритм программы ШТРЕК основан на экспериментально-аналитическом методе, элементы которого рассмотрены ниже.

Постановка задачи

Выработка некругового очертания одиночная (на участке сопряжения, смежная или камера) расположена на глубине H от поверхности (при $H >> r_0$, где r_0 – средний радиус поперечного сечения выработки) под углом Ψ к направлению простирания в неоднородном наклонно-слоистом (угол падения пород α) массиве горных пород.

Проявления горного давления в выработках рассчитывают с использованием экспериментально-аналитического метода, в основе которого

[X] Прочность в "куске" пород со стороны боков выработки используется в программе СМЕТА при определении стоимости проведения выработки.

лежит приближенное аналитическое решение осесимметричной вязкоупругопластической задачи для протяженной выработки с условием прочности (29), позволяющем учесть запредельное деформирование горных пород во времени. Согласование принятой при аналитическом решении задачи несовершенной расчетной схемы с постановкой общей задачи осуществляется с использованием эмпирических корректирующих коэффициентов, которые вводят при описании механических свойств (при учете нарушенности среды формулы (II), (I2), при учете направления проведения выработки относительно простирания формула (I3), угла падения - выражение (I4), способа проведения выработки - зависимость (I8) и неоднородности среды - (3I) и напряженного состояния (при учете влияния забоя, при расчете проявлений горного давления в камерах, смежных и сопрягающихся выработках, а также при необходимости учета тектонических составляющих напряжений массива горных пород).

Погрешность, возникающая при расчете смещений от замены в расчетной схеме реального некругового очертания поперечного сечения выработки круговым, для большинства условий, представляющих практический интерес, является незначительной.

Однако нагрузки на крепь могут существенно изменяться при отклонении очертания крепи от кругового . Поэтому в экспериментально-аналитическом методе, в дополнение к указанным выше корректирующим коэффициентам, при определении нагрузок на крепь вводим приведенную жесткость системы "крепь-забутовка" (75), зависящую от очертания крепи, изменения жесткости крепи по периметру, размеров и податливости забутовки. Ниже рассмотрены основные элементы экспериментально-аналитического метода.

Расчет напряженно-деформированного состояния вблизи одиночных протяженных выработок

Р а с ч е т н а я с х е м а. Выработка кругового очертания радиуса r_0 , по контуру которого приложен отпор крепи p_0 , пройдена в однородном массиве горных пород при гидростатическом поле начальных напряжений.

В общем случае, в зависимости от относительного уровня напряжений A_G и соотношения показателей пластичности Π_I и Π_2, вокруг выработки может образоваться три зоны неупругих деформаций (рис.4):

A_3 - зона пластических деформаций пород без разрушения, внешней границей которой ($r = r_3$) является область упругих деформаций В. Внутреннюю границу ($r = r_2$) определяем из критериального условия (I9). Так как для большинства пластичных пород характерны

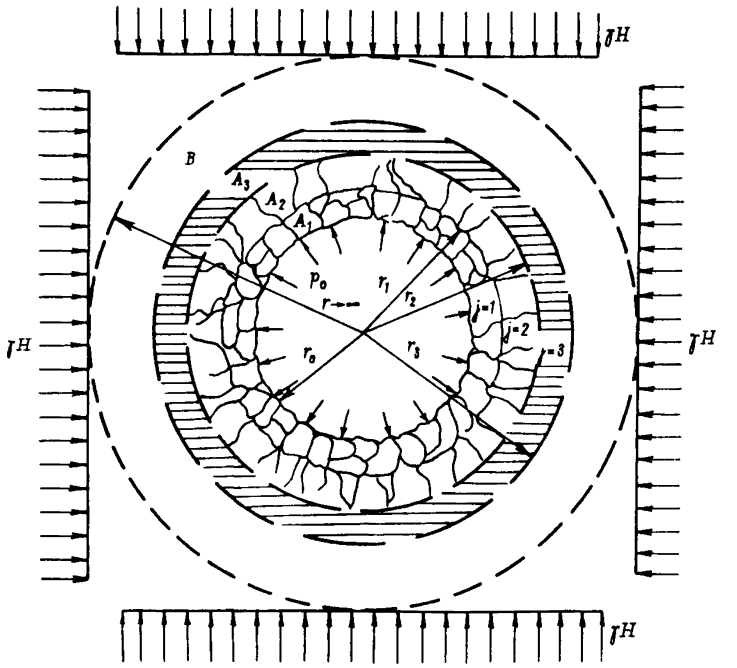


Рис. 4. Расчетная схема

деформации формоизменения, то в зоне A_3 принято условие несжимаемости.

A_2 – зона интенсивного развития трещин на ниспадающей ветви кривой деформирования. Внешняя граница зоны A_2 совпадает с внутренней зоны A_3 ($r = r_2$), а внутреннюю границу зоны A_2 ($r = r_1$) определяем из условия достижения на ней предельного коэффициента разрыхления $k_p^{\text{п}}$. В зоне A_2 происходит увеличение объема пород.

A_I – зона разрушенных пород, ограниченная радиусом выработки. Породы в этой зоне не претерпевают дальнейшего разрыхления, поэтому в зоне A_2 принято условие несжимаемости.

Относительные размеры зон неупругих деформаций и перемещения контура выработки определяем соответственно из условия непрерывности радиальных напряжений и перемещений на границах зон.

Породы в области неупругих деформаций подчиняются обобщенному условию прочности Кулона–Мора (29), которое для осевой симметрии и при введении некоторых упрощающих обозначений имеет вид:

$$\sigma_\theta^* - (1 + \omega_j)\,\sigma_2^* = 0, \qquad (36)$$

где $\omega_j = \dfrac{2\sin\varphi_j}{1-\sin\varphi_j}$; $\sigma^* = \sigma + \dfrac{R_м f_t f_к}{\omega}$; $p^* = p +$

$+ \dfrac{R_м f_t f_к}{\omega}$; $R_м = f_\omega R_c$; $j = \begin{cases} 1 - \text{для зоны } A_1, \\ 2 - \text{для зоны } A_2, \\ 3 - \text{для зоны } A_3. \end{cases}$

Функция снижения прочности $f_к$ для зоны A_3 принимает значение, равное 1, для зоны A_2 – определяется по формуле (21), для A_1 по формуле: $f_к = R_*/R_м$, где R_* – остаточная прочность массива горных пород.

Подставляя условие (36) в уравнение равновесия определим напряжения в области неупругих деформаций:

$$\sigma_{rj}^{*п} = p_{j-1}^* \left(\frac{r}{r_{j-1}}\right)^{\omega_j}; \quad \sigma_{\theta j}^{*п} = (1+\omega_j)\,\sigma_{rj}^*. \qquad (37)$$

В упругой области распределение напряжений описывается известной зависимостью:

$$\left.\begin{matrix}\sigma_r^{*у} \\ \sigma_\theta^{*у}\end{matrix}\right\} = C\left(1 \mp \frac{D}{r^2}\right). \qquad (38)$$

Используя условие на бесконечной границе области при $r \to \infty$ $\sigma_r^{*у} = \sigma_\theta^{*у} = p^*$, получим $C = p^* = H_j + \dfrac{R_м f_t}{\omega_3}$.

Напряжения в упругой области на упруго-пластической границе ($r = r_3$) должны удовлетворять условию прочности (36). При подстановке зависимости (38) в условие (36) определяем вторую константу D. Окончательно, напряжения в упругой области определяем зависимостями:

$$\left.\begin{matrix}\sigma_r^{*у} \\ \sigma_\theta^{*у}\end{matrix}\right\} = p^*\left[1 \mp \sin\varphi_3\left(\frac{r_3}{r}\right)^2\right]. \qquad (39)$$

Используя далее условие непрерывности радиальных напряжений на упругопластической границе $r = r_3$: $\sigma_r^у = \sigma_{r_3}^п$, определим относительный размер зоны пластических деформаций A_3:

$$Z_3 = \frac{r_3}{r_2} = \left[\frac{p^*(1-\sin\varphi_3)}{p_2^*}\right]^{\frac{1}{\omega_3}}. \qquad (40)$$

Из аналогичного условия на границе зон A_3 и A_2: $\sigma_{r_3}^п = \sigma_{r_2}^п$ при $r = r_2$ или, с учетом обозначений к формуле (36), из условия:

$$\sigma_{r_3}^{*п} - \frac{R_м f_t}{\omega_3} = \sigma_{r_2}^{*п} - \frac{R_м f_t f_к}{\omega_2},$$

определим относительный размер зоны A_2:

$$Z_2 = \frac{r_2}{r_1} = \left[\frac{p_2^*}{p_1^*} - \frac{R_м f_t}{p_1^* \omega_3} + \frac{R_м f_t f_к}{p_1^* \omega_2} \right]^{\frac{1}{\omega_2}} . \qquad (41)$$

Это выражение в частном случае при подстановке в него p_2^* из формулы (40) при условии $Z_3 = 1$ и нулевом сцеплении ($k_2 = 0$) после некоторых преобразований в точности совпадает с формулой Ю. М. Либермана:

$$Z_2 = \left[\frac{2 \gamma H - R_c}{(\omega_3 + 2) p_0} \right]^{\frac{1}{\omega_2}} .$$

Относительный размер зоны A_1 определим из условия непрерывности напряжений $\sigma_{r_2}^n = \sigma_{r_1}^n$ на границе $r = r_1$:

$$Z_1 = \frac{r_1}{r_0} = \left(\frac{p_1^* + \frac{R_* f_t}{\omega_1} - \frac{R_м f_t f_к}{\omega_2}}{p_0 + \frac{R_* f_t}{\omega_1}} \right)^{\frac{1}{\omega_1}} . \qquad (42)$$

Из условия (42) видно, что при остаточной прочности $R_* = 0$ незакрепленная выработка существовать не может.

Расчет деформированного состояния

В упругой области деформации определяются из уравнений связи для плоского деформированного состояния:

$$\varepsilon_\theta^y = \frac{1}{2G} \left[(1 - \nu) \sigma_\theta - \nu \sigma_r \right] . \qquad (43)$$

Подставляя в уравнение (43) выражения (39) для упругих напряжений на границе ($r = r_3$) за вычетом снимаемых напряжений, существовавших в массиве до образования выработки, получим:

$$\varepsilon_\theta^y = \frac{p^*}{2G} \left(\frac{r_3}{r} \right)^2 \sin \varphi_3 . \qquad (44)$$

В области В предполагается развитие вязкоупругих деформаций, которые в соответствии с методом переменных модулей[x] учитываются заменой в уравнении (44) упругой константы G переменным модулем сдвига G_t (26).

---

[x] Обоснованы в работе Амусина Б. З., Линькова А. М. Об использовании переменных модулей для решения одного класса задач линейно-наследственной ползучести. - "Изв. АН СССР, МТТ", 1974, № 6, с. 162-166.

При определении деформаций в пластической области обычно используются два условия: либо условие несжимаемости:

$$\varepsilon_r + \varepsilon_\theta = 0, \qquad (45)$$

либо разрыхления. В последнем случае деформации определяются из ассоциированного закона течения:

$$\varepsilon_i^n = \xi \frac{\partial \Phi}{\partial \sigma_i}, \qquad (i = I, 2) \qquad (46)$$

где индексы I, 2 соответствуют в плоской осесимметричной задаче направлениям r и θ ; Φ – пластический потенциал, в качестве которого принимаем условие прочности. Для условия (29) имеем:

$$\varepsilon_{\theta j}^n = \xi ; \quad \varepsilon_{r j}^n = -\xi (1 + \omega_j) ; \quad \varepsilon_z = 0 . \qquad (47)$$

Если результаты испытания горных пород на жестких прессах приводят к разрыхлению, отличному от описываемого ассоциированным законом течения, то в соотношениях (47) при определении деформаций ε_{rj}^n вместо множителя $(I + \omega_j)$ вводим коэффициент поперечных деформаций ν^n, полученный из эксперимента.

При известных соотношениях между ε_r и ε_θ деформации определяем интегрированием уравнения совместности деформаций. Для условия несжимаемости получим:

$$\varepsilon_{\theta j}^n = -\varepsilon_{r j}^n = \frac{C_j}{r^2} ; \qquad (48)$$

для условия (46):

$$\varepsilon_{\theta j}^n = \frac{C_j}{E} \left(\frac{r_j}{r}\right)^{\omega_j + 2} ; \quad \varepsilon_{r j}^n = -\nu^n \varepsilon_{\theta j}^n . \qquad (49)$$

Постоянные интегрирования C_j определяем из условия непрерывности радиальных перемещений на границах зон. Известное соотношение $U = \varepsilon_\theta r$ позволяет использовать вместо условия непрерывности радиальных перемещений условие непрерывности деформаций ε_θ .

Окончательно неупругие деформации определяем:

в зоне A_3: $$\varepsilon_{\theta 3}^n = \frac{p^* \sin\varphi_3}{2G_t} \left(\frac{r_3}{r}\right)^2 ; \quad \varepsilon_{r_3}^n = -\varepsilon_{\theta 3}^n ; \qquad (50)$$

в зоне A_2: $$\varepsilon_{\theta 2}^n = \frac{p^* \sin\varphi_3}{2G_t} \cdot Z_3^2 \cdot \left(\frac{r_2}{r}\right)^{\omega_2 + 2} ;$$

$$\varepsilon_{r_2}^n = -\nu_2^n \varepsilon_{\theta 2}^n . \qquad (51)$$

в зоне A_I: $$\varepsilon^{n}_{\theta_1} = \frac{p^* \sin\varphi_3}{2G_t} Z_3^2 \cdot Z_2^{\omega_2+2} \cdot \left(\frac{r_1}{r}\right)^2;$$

$$\varepsilon^{n}_{r_1} = -\varepsilon^{n}_{\theta_1}. \qquad (52)$$

Относительный размер зоны A_3 определим из условия достижения на контуре $r = r_2$ предельных деформаций $\varepsilon^{n}_{\theta_3}$. Приравнивая выражения (I9) и (50), получим:

$$Z_3 = \sqrt{\frac{2G_t \Pi_1}{E \sin\varphi_3} \cdot \frac{R_M}{p^*}} \qquad (53)$$

или

$$Z_3 = \sqrt{\frac{\Pi_1}{(1+\nu+1{,}5\Phi_t)\sin\varphi_3 \left(\frac{TH}{R_M} + \frac{f_t}{\omega_3}\right)}}. \qquad (54)$$

Если подкоренное выражение в формуле (53) окажется меньше I, то это означает, что зона A_3 не образуется и для дальнейших расчетов принимается $Z_3 = I$.

Внутреннюю границу зоны A_2 ($r = r_1$) находим из условия достижения на ней коэффициента разрыхления k_p предельного значения k^{n}_{p}. При этом коэффициент разрыхления определяем по формуле:

$$k_p = I + \varepsilon_{\theta 2} + \varepsilon_{r2} = I + (\nu_2^{n} - I)\varepsilon_{\theta 2}, \qquad (55)$$

где ν_2^{n} при использовании ассоциированного закона течения принимает значение $I + \omega_2$.

Таким образом, предельные деформации на контуре $r = r_I$ определяем из условия:

$$\varepsilon_{\theta 2}^{n} \le \frac{k_p^{n} - 1}{\nu_2^{n} - 1}. \qquad (56)$$

Подставляя в формулу (56) выражение (5I) при $r = r_I$, получим:

$$Z_2 = \left(\frac{k_p^{n} - 1}{\nu_2^{n} - 1} \cdot \frac{2G_t Z_3^{-2}}{p^* \sin\varphi_3}\right)^{\frac{1}{\omega_2+2}}. \qquad (57)$$

С другой стороны, Z_2 определяем выражением (4I). Приравнивая (57) и (4I), находим p_1^*:

$$p_1^* = \frac{p_2^* + \frac{R_M f_t f_K}{\omega_2} - \frac{R_* f_t}{\omega_3}}{\left(\frac{k_p^{n} - 1}{\nu_2^{n} - 1} \cdot \frac{2G_t Z_3^{-2}}{p^* \sin\varphi_3}\right)^{\frac{\omega_2}{\omega_2+2}}}. \qquad (58)$$

Значение p_2^* определяем из выражения (40):

$$p_2^* = \frac{p^*(I - \sin\varphi_3)}{Z_3^{\omega_3}}. \qquad (59)$$

Смещения пород на границах зон A_3, A_2, A_I определяем из формул (50) - (52) при условии $U = \varepsilon_\theta r$.

При $r = r_0$

$$U_0 = \frac{p^* \sin\varphi_3}{2G_t} r_0 Z_3^2 Z_2^{\omega_2+2} Z_1^2; \qquad (60)$$

при $r = r_1$ $\quad U_1 = U_0 Z_1^{-1}$; (61)

при $r = r_2$ $\quad U_2 = U_1 Z_2^{-(\omega_2+1)}$; (62)

при $r = r_3$ $\quad U_3 = U_2 Z_3^{-1} = \frac{p^* \sin\varphi_3}{2G_t} r_3$. (63)

Расчет нагрузок на крепь

Величину средней нагрузки на крепь при использовании расчетной схемы (см. рис. 4) определяем из уравнения совместности радиальных смещений породы и крепи на контуре выработки:

$$U_м(\gamma H, t, p_0) - U_м(\gamma H, t_I) = U_к(p_0), \qquad (64)$$

где $U_м(\gamma H, t, p_0)$ - радиальное смещение контура выработки к моменту времени t при совместной работе крепи с массивом горных пород; $U_м(\gamma H, t_I)$ - радиальное смещение контура выработки к моменту введения крепи в работу (t_I); $U_к(p_0)$ - радиальное смещение контура крепи от нагрузки p_0.

Уравнение (64) нелинейно относительно p_0, и его решение обычно строится графически по способу Б. В. Матвеева.

Строится кривая $U_м(\gamma H, t, p_0)$, обозначенная цифрой I (рис.5) и из точки на оси абсцисс $U_м(\gamma H, t_I)$ проводится линия 2 (см. рис. 5), положение которой характеризуется жесткостью крепи k:

$$p_0 = k U_к. \qquad (65)$$

Ордината точки их пересечения определяет отпор крепи p_0, абсцисса - смещение контура выработки $U_м(\gamma H, t, p_0)$ к моменту времени t_i. Обычно такие построения выполняют для момента $t \to \infty$, при этом в связи с допущением о невесомости среды нагрузка на крепь принимается равной отпору крепи p_0. В связи с этим для однородной среды при одинаковой технологии и жесткости крепи нагрузка в почве оказывается равной нагрузке в кровле, что не согласуется с данными натурных замеров.

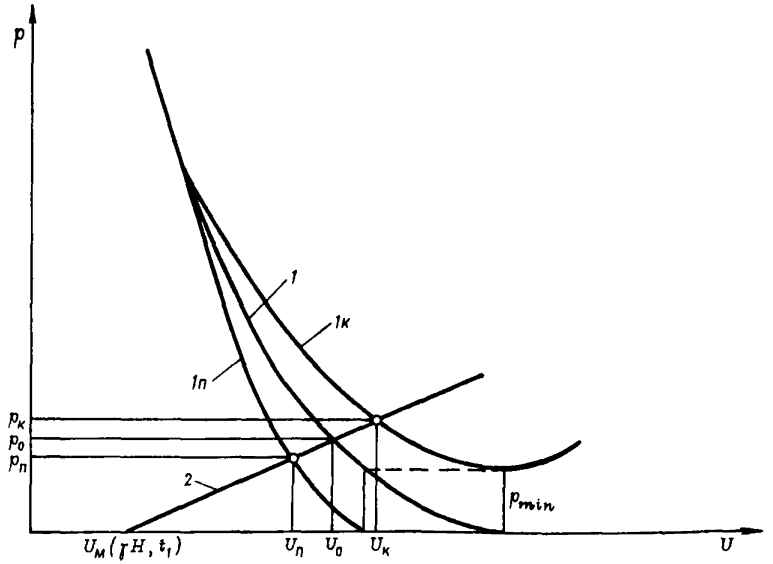


Рис. 5. Графическое определение нагрузки на крепь и смещений контура выработки

Для уточнения расчетной методики предлагаем приближенную оценку влияния весомости среды, которая сводится к увеличению нагрузки на крепь в кровле на величину

$$p_к = p_0 + p_{min}, \qquad (66)$$

где $p_{min} = \gamma r_0 \left(\frac{r_2}{r_0} - 1 \right)$ (67)

и уменьшению ее в почве:

$$p_п = p_0 - p_{min}. \qquad (68)$$

При построении кривой $U_м (\gamma H, t, p_0)$ вместо отпора крепи p_0 на графике откладываем значения $p_к$ для кровли (Iк на рис. 5) и $p_п$ для почвы (Iп на рис. 5). Абсциссы же при этом (смещения) сохраняют свое значение, соответствующее p_0. При $p_к = p_{min}$, т. е. при нулевом отпоре крепи p_0, кривая Iк имеет минимум. Кривая Iп пересекает ось абсцисс при значении $p_0 = p_{min}$. Уменьшение фактического отпора крепи в кровле и увеличение его в почве учитываем при расчете проявлений горного давления.

В Рекомендациях предусматривается численное решение уравнения (64). Нагрузку на крепь при этом определяем шагами по времени из уравнения

$$U_0(t_{i+1}) - U_0(t_i) = \frac{p(t_{i+1}) - p(t_i)}{\bar{k}(t_i)}, \qquad (69)$$

где $U_0(t_{i+1})$ и $U_0(t_i)$ – смещения внутреннего контура выработки соответственно для моментов t_{i+1} и t_i, определяемые по формуле (60) при отпоре крепи $p_0 = p_к - p_{min}$ или $p_0 = p_п + p_{min}$.

В случае образования зоны разрушенных пород рассматриваем ее как забутовку, а на следующем шаге по времени радиус выработки r_0 изменяется на r_1.

Нагрузку на крепь $p(t_{i+1})$ и $p(t_i)$ определяем по формулам (66) и (68).

До момента $t_i < t_1$ (где t_1 – время ввода крепи в работу) нагрузку на крепь принимаем равной p_{min} в кровле и нулю в почве. Отпор крепи при этом в кровле принимаем равным нулю, а в почве $p_0 = p_{min}$. В формуле (69) $\bar{k}(t_i)$ – приведенная жесткость системы "крепь-забутовка".

Жесткость крепи определяем в зависимости от конструкции крепи (монолитная, сборная с прокладками в стыках), относительной кривизны крепи f/l (где f – высота подъема свода, l – его хорда).

Для монолитной и сборной кольцевой крепи с прокладками в стыках жесткость крепи $k_к$ определяем по формуле:

$$k_к = \frac{\bar{E}_к d}{r_0^2}, \qquad (70)$$

где

$$\bar{E}_к = \frac{E_к}{1 + \frac{E_к}{E_п}\frac{\delta_п}{2\pi r_0}}; \qquad (71)$$

$E_к$, $E_п$ и $\bar{E}_к$ – модули упругости соответственно крепи, прокладки и приведенный; d и $\delta_п$ – толщина крепи и суммарная толщина прокладок в кольце.

Жесткость сводчатой крепи, очерченной по радиусу ($f/l = 0{,}5$), можно получить с использованием формул справочника "Прочность, устойчивость, колебания" (М., "Машиностроение", 1968) и численных расчетов по программе КРЕПИ:

$$k_к = \frac{2\bar{E}_к}{r_0}\left(\frac{d}{r_0}\right)^2. \qquad (72)$$

Жесткость крепи с плоским перекрытием ($f/l = 0$) можно определить, используя формулы строительной механики для балки, нагру-

женной равномерной нагрузкой и защемленной на опорах:

$$k_к = \frac{2E_к}{r_0}\left(\frac{d}{r_0}\right)^3, \qquad (73)$$

где r_0 – полупролет прямолинейного элемента.

Полагая линейный характер изменения жесткости от величины стрелы подъема свода, получим приближенную формулу для определения жесткости крепи:

$$k_к = \frac{2E_к}{r_0}\left(\frac{d}{r_0}\right)^3 \cdot \left(1 + 2\frac{f}{l}\frac{r_0}{d}\right). \qquad (74)$$

При расчете жесткости забутовки следует учитывать ее нелинейное деформирование. Приближенно, по данным испытаний, можно принять модуль деформации забутовки $E_з$ в зависимости от нагрузки на крепь:

p, т/м^2	$E_з$, т/м^2
≤15	100
15-30	350
>30	1000

Окончательно приведенную жесткость системы "крепь-забутовка" определяем по формуле:

$$\bar{k}(t_i) = \frac{k_к}{1 + k_к \dfrac{\delta_з(t_i)}{E_з}}, \qquad (75)$$

где $\delta_з(t_i)$ – толщина слоя забутовки в момент времени t_i.

При $t = t_1 \delta_з(t_i)$ – толщина слоя забутовки при установке крепи. При $t > t_1$ к первоначальной забутовке добавляется слой разрушенных пород ($r_1 - r_0$).

Учет влияния забоя при расчете нагрузок на крепь протяженных выработок и камер

Получение аналитических решений для выработок конечной длины представляет большие трудности математического характера. Поэтому в Рекомендациях использован приближенный прием, основанный на введении поправочного коэффициента k_1 в составляющие напряженного состояния массива горных пород. В данном случае

$$\bar{H} = H k_1, \qquad (76)$$

где $\bar{H}$ – приведенная глубина расположения выработки.

График для определения величины k_1 получен Н. А. Давыдовой (ФТПРПИ, 1968, № 3). С достаточной степенью точности его можно записать в виде функции:

$$k_1 = 1 - \exp\left(-\frac{2{,}6Vt}{B}\right), \qquad (77)$$

где V - скорость проведения выработки; t - время, за которое забой удаляется от расчетного сечения; B - ширина выработки.

Использование коэффициента k_1 при расчете приведенной глубины $\bar{H}$ в виде формулы (77) позволяет независимо учитывать влияние удаления забоя и изменения свойств горных пород во времени на величины проявлений горного давления.

При расчете проявления горного давления в камерах обобщением подхода (76) является учет влияния двух торцов при вычислении коэффициента k_1 :

$$k_1 = \left[1 - \exp\left(-\frac{2{,}6l}{B}\right)\right]\left[1 - \exp\left(-\frac{2{,}6(L-l)}{B}\right)\right], \qquad (78)$$

где l - расстояние расчетного сечения от торца камеры; L, B - длина и ширина камеры соответственно.

В запас прочности расчет проявлений горного давления в камерах можно выполнять для ее середины $l = \frac{L}{2}$. Коэффициент k_1 в этом случае имеет вид:

$$k_1 = \left[1 - \exp\left(-\frac{1{,}3L}{B}\right)\right]^2 . \qquad (79)$$

Предлагаемый подход к учету влияния забоя при вычислении проявлений горного давления в выработках и камерах обоснован сопоставительными расчетами сферической выработки (В. Ф. Кошелев, А. М. Линьков. - ФТПРПИ, 1978, № 6) и квадратной в плане выработки при использовании решения плоской задачи (Амусин Б. З., Кошелев В. Ф., Линьков А. М. - "Труды ВНИМИ", 1977, сб. 103.) с коэффициентом k_1 = = 0,55, определяемым по формуле (79) при L/B = 1. При широком варьировании реологии горных пород, включая запредельное деформирование, расхождение расчетных смещений для середины выработки не превысило 20%.

Учет влияния сопряжений капитальных выработок

В Рекомендациях влияние сопряжений капитальных выработок учитывается введением поправочного коэффициента k_2 при расчете приведенной глубины $\bar{H}$:

$$\bar{H} = H k_2 . \qquad (80)$$

При таком подходе выработку, расположенную на участке сопряжения, рассматриваем как одиночную протяженную, а дополнительную концентрацию напряжений от соседней выработки учитываем коэффициентом k_2, определяемым отношением концентрации напряжений на

контуре неподкрепленной выработки сопряжения (по упругому решению) к концентрации напряжений на контуре одиночной выработки. Коэффициенты k_2, полученные аналитически и экспериментально на моделях, ограничены условиями выработок одинакового диаметра и углами сопряжения выработок $\theta = 30$, 45 и 90^0. Ввиду сложности и трудоемкости определения коэффициента k_2 для конкретных видов сопряжения с учетом различия их диаметров предлагается приближенный прием, который сводится к следующему.

В зависимости от удаления расчетного сечения от центра сопряжения l_p между сопрягающимися выработками (в общем случае разных диаметров) вписывается тор, внутренний радиус которого $r_в$ определяем по формуле[x]:

$$r_в = l_p \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}, \qquad (81)$$

а наружный радиус $r_н$ принимается равным

$$r_н = r_в + 2 r_0, \qquad (82)$$

где r_0 - радиус поперечного сечения выработки, примыкающей к расчетной.

Решение для тора, полученное в работе Ю. И. Соловьева "Осесимметричная задача теории упругости для тора и пространства с тороидальной полостью" (Изв. АН СССР, МТТ, 1969, № 3, с. 99-105),представим в виде приближенной зависимости:

$$k_2 = 1 + \frac{1}{\left(\alpha + \frac{r_в}{r_0}\right)^2}, \qquad (83)$$

где коэффициент α для тора равен I.

Для практических расчетов коэффициент α принимаем для I, Ш и IУ типов сопряжения[xx] равным I. Для П типа $\alpha = 1{,}15 \left(1 - \frac{\theta}{100}\right)$.

Учет влияния упрочнения пород путем цементации

При расчете проявлений горного давления с учетом упрочнения пород цементацией сцепление пород в зоне разрушения и трещин принимаем с момента упрочнения t_1 не ниже сцепления цементного камня с породой. В Рекомендациях с целью упрощения рассмотрено упрочнение пород при одном варианте водоцементного отношения В : Ц = = I : 2. По данным Е. Б. Дружко, Ю. З. Заславского, Ф. И. Пере-

---

[x] Для параллельных выработок $r_в$ определяем половиной расстояния между их внутренними поверхностями.

[xx] Классификация типов сопряжений приведена в разделе 2.

пички, коэффициент сцепления пород с цементным камнем для В : Ц = = I : 2 составляет:

	k, т/м^2
Песчаники . . .	693
Алевролиты. . .	685
Аргиллиты . . .	643

При определении нагрузки на жесткую крепь с учетом упрочнения пород в Рекомендациях принято время начала работ по цементации совпадающим с временем ввода жесткой крепи в работу. При расчете параметров упрочнения для податливой крепи используем тот же алгоритм, что и для жесткой крепи при задании условной толщины [redacted] 0,03 м, практически не создающей отпора.

Блок-схема программы ШТРЕК

Алгоритм программы ШТРЕК основан на расчетных формулах, приведенных выше (см. П.2.2). Программа ШТРЕК состоит из следующих подпрограмм: ШТРЕК, ВРЕМЯ, ОТПОР.

Программа ШТРЕК предназначена для расчета проявлений горного давления при работе крепи:

- податливой,
- жесткой на различные моменты ввода ее в работу.

Работа программы ШТРЕК (рис. 6) начинается с вычисления приведенной глубины $\bar{H}$ по формулам (76) для камер (при КГ = 3) и (80) - для сопряжений (при КГ = I). При КГ = 0 (т. е. для одиночных выработок) приведенная глубина $\bar{H}$ принимается равной заданной глубине. Далее проявления горного давления рассчитываются так же, как и для одиночной протяженной выработки по ее элементам последовательно в кровле (J = I), в почве (J = 2) и в боках (J = 3).

Расчет смещений по элементам выработки и нагрузки на крепь производится в программе ВРЕМЯ по формулам приложения П.2.2. При задании в программе ВЫБОР признака NШ > I производится расчет перемещений контура на конечный момент (Т = I5 лет), предполагая, что работает податливая крепь. Этот расчет выполняется для предварительной оценки необходимого запаса сечения выработки на погашение смещений и определения сечения выработки вчерне. После установления размеров сечения выработки вчерне выполняется подробный расчет для фиксированных значений времени Т (I) = 0, 2, 5, I0, 20, 30, 50, 80, I50, 360, I080 и 5500 сут. До моментов Т(I) $\leq$ TI (где TI - время ввода крепи в работу) расчет выполняется для условий работы податливой крепи типа СВП в режиме заданных нагрузок. При Т(I) > TI рассматривается взаимодействие крепи с массивом гор-

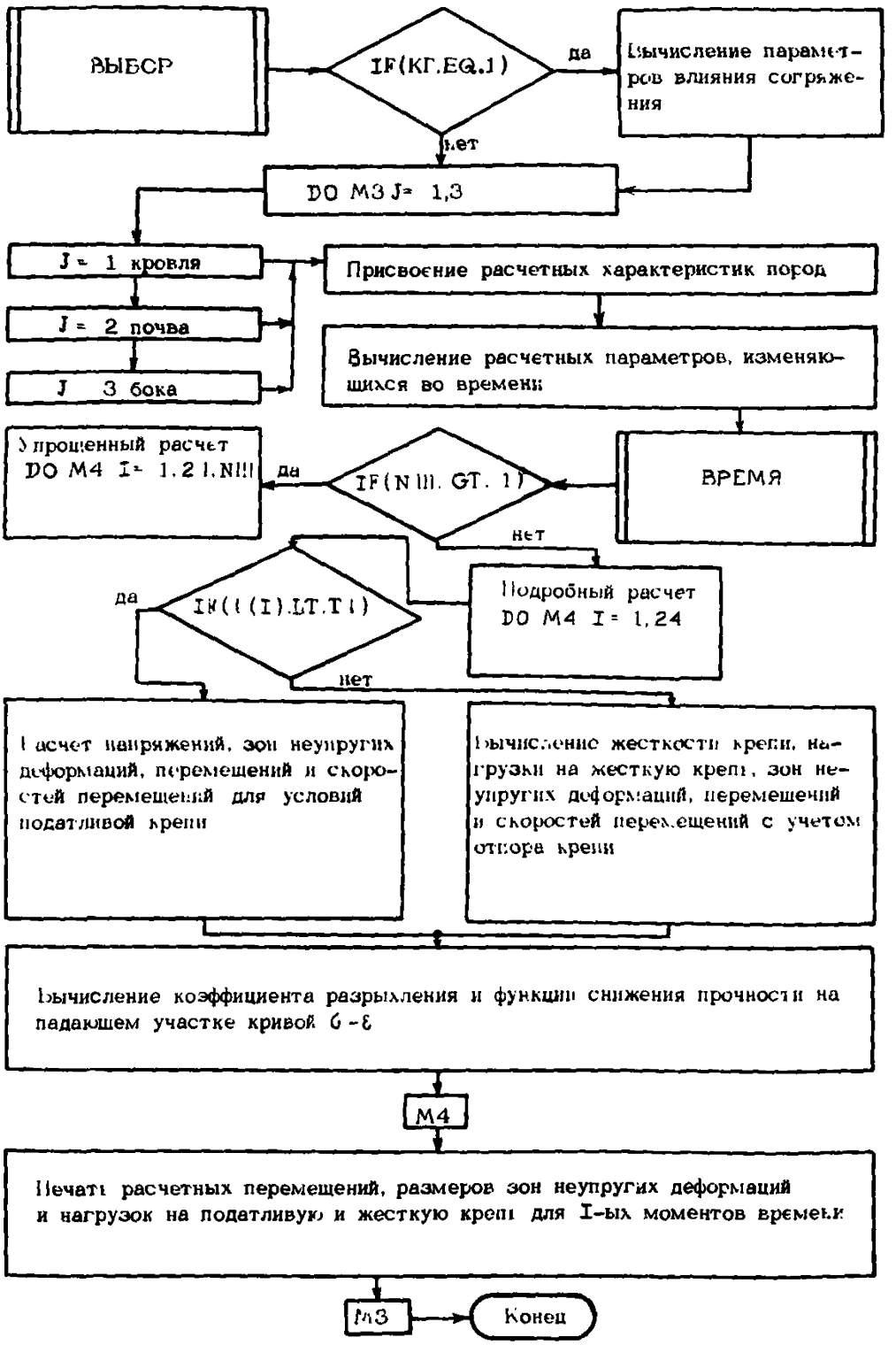


Рис. 6. Блок-схема программы ШТРЕК

ных пород в режиме взаимовлияющих деформаций с учетом жесткости крепи и характеристики забутовки. Для корректировки условия прочности с учетом запредельного деформирования горных пород для каждого момента времени определяются проявления горного давления дважды. На первом шаге по вычисленным смещениям определяется коэффициент разрыхления пород в зоне трещинообразования, а по формуле (21) - функцию снижения прочности $f_к$. На втором шаге с учетом скорректированного условия прочности (29) вычисляются расчетные параметры.

Трансцендентное уравнение (64) при T(I) > TI решается методом скорейшего спуска в подпрограмме ОТПОР.

Для каждого элемента выработки (J = I, 2, 3) в программе ШТРЕК распечатываются результаты расчета смещений, нагрузки на податливую и жесткую крепь, зон неупругих деформаций и скорости смещений контура во времени. Расшифровка условных обозначений к распечатке результатов и исходных данных содержится в разделе 2, (пп. 2.15-2.29).

П.2.3. П р о г р а м м а ВЫБОР

В программе ВЫБОР (рис. 7) выбираем типы и параметры крепи. Программа ВЫБОР является управляющей для всей автоматизированной системы, к ней обращаются из программы НЕДРА после определения приведенных характеристик массива горных пород в расчетном сечении. Расчет начинается с обращения к программе ШТРЕК, в которой по заданным размерам выработки в свету определяются по приближенной схеме смещения контура выработки. Далее после назначения размеров выработки по этой же программе вычисляются расчетные максимальные смещения контура, являющиеся в соответствии с Указаниями исходными для выбора типов крепи. В зависимости от смещений в почве выработки назначается замкнутая (UП > 20 см) или незамкнутая (UП < 20 см) крепь. Затем по максимальным смещениям в соответствии с рекомендациями Указаний выбираются наиболее рациональные типы крепи. Для жесткой крепи по программе ШТРЕК определяется нагрузка по элементам выработки. При расчетных смещениях, превышающих 50 см, рекомендуется упрочнение пород путем цементации. В этом случае производится повторное обращение к программе ШТРЕК для определения расчетных смещений, реализуемых после упрочнения, по которым вновь выбирается тип крепи. Для приближенного расчета (IЭТ = I) по рекомендациям Указаний в зависимости от максимальных нагрузок на крепь и пролета выработки определяется толщина бетонной крепи, выбирается номер двутавра (по программе НОМЕР) и устанавливается шаг рам. При уточненном расчете (IЭТ = 2) принятые

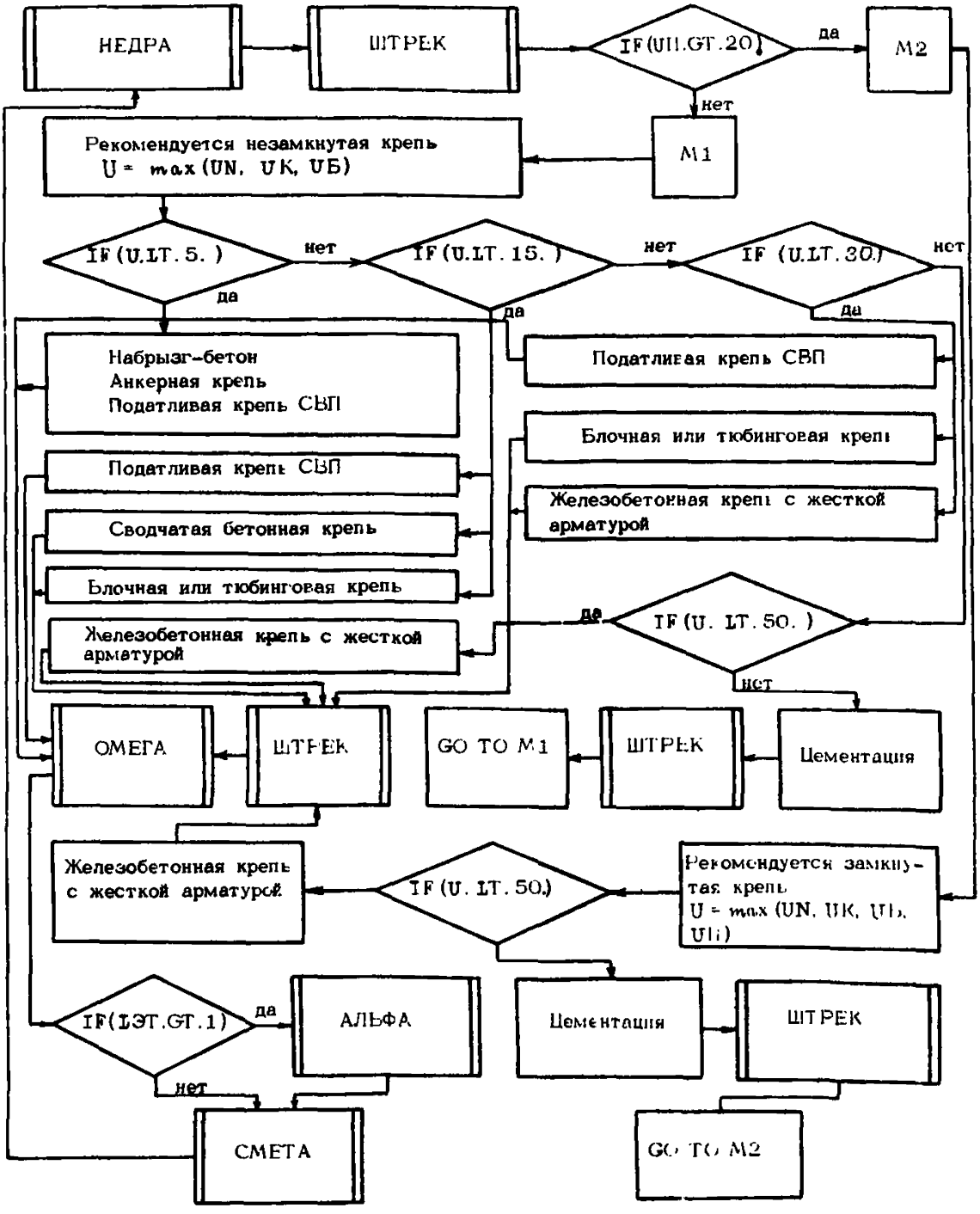


Рис. 7. Блок-схема программы ВЫБОР

приближенно параметры крепи корректируются на основе статического и прочностного расчетов крепи по программе АЛЬФА. Стоимостные параметры проведения и крепления выработки определяются по программе СМЕТА.

П.2.4. П р о г р а м м а АЛЬФА

Цель программы АЛЬФА (рис. 8) состоит в автоматизированном построении расчетной схемы и подготовке исходных данных для программы статического расчета КРЕПИ.

Работа программы начинается с вычисления геометрических параметров крепи в зависимости от рекомендованных программой ВЫБОР типа и очертания крепи, задаваемых с помощью признака LTK, и размеров сечения выработки. Геометрия очертания и периметр крепи, площади сечения выработки в свету и вчерне[X] определяются в подпрограмме ОМЕГА с помощью расчетных формул, разработанных для унифицированных сечений горных выработок. Далее в программе АЛЬФА в зависимости от признака LTK назначается число элементов соответственно в I и во II системах координат расчетной схемы. В частности, при LTK = I рекомендуется незамкнутая (LC = 0) сводчатая крепь с вертикальными стенами. Количество узлов в I системе координат NNI = 7, во II системе - NN2 = 4. При LTK = 2 очертание крепи в своде и стенах остается тем же, но подводится обратный свод (LC = I). Количество элементов в расчетной схеме при этом изменяется: NNI = 9, NN2 = 4. При LTK = 3 рекомендуется незамкнутая (LC = 0) сводчатая крепь с криволинейным очертанием стен (NNI = 5,NN2 = 4), при LTK = 4 - аналогичная замкнутая (LC = I) крепь (NNI = 9,NN2 = 4). Для каждой расчетной схемы определяются геометрические параметры элементов: центральный угол элемента AMI(I) и AM2(I); текущий радиус крепи RMI(I), RM2(I) и параметры их жесткости (EI1(I), EI2(I) - жесткость на изгиб, EF1(I), EF2(I)- жесткость на сжатие.

Коэффициенты отпора породы определяются по расчетным формулам (95) и (96) с использованием подпрограммы ГАММА.

В заключении программы АЛЬФА определяются нагрузки на элементы крепи в расчетной схеме P1(I), P2(I).

Нагрузки на крепь по элементам выработки (в кровле, по нормали к напластованию, в боках и в почве) определялись в программе

[X] При подсчете площади сечения выработки вчерне дополнительно учитывается потеря сечения за счет смещения контура выработки к моменту введения крепи в работу.

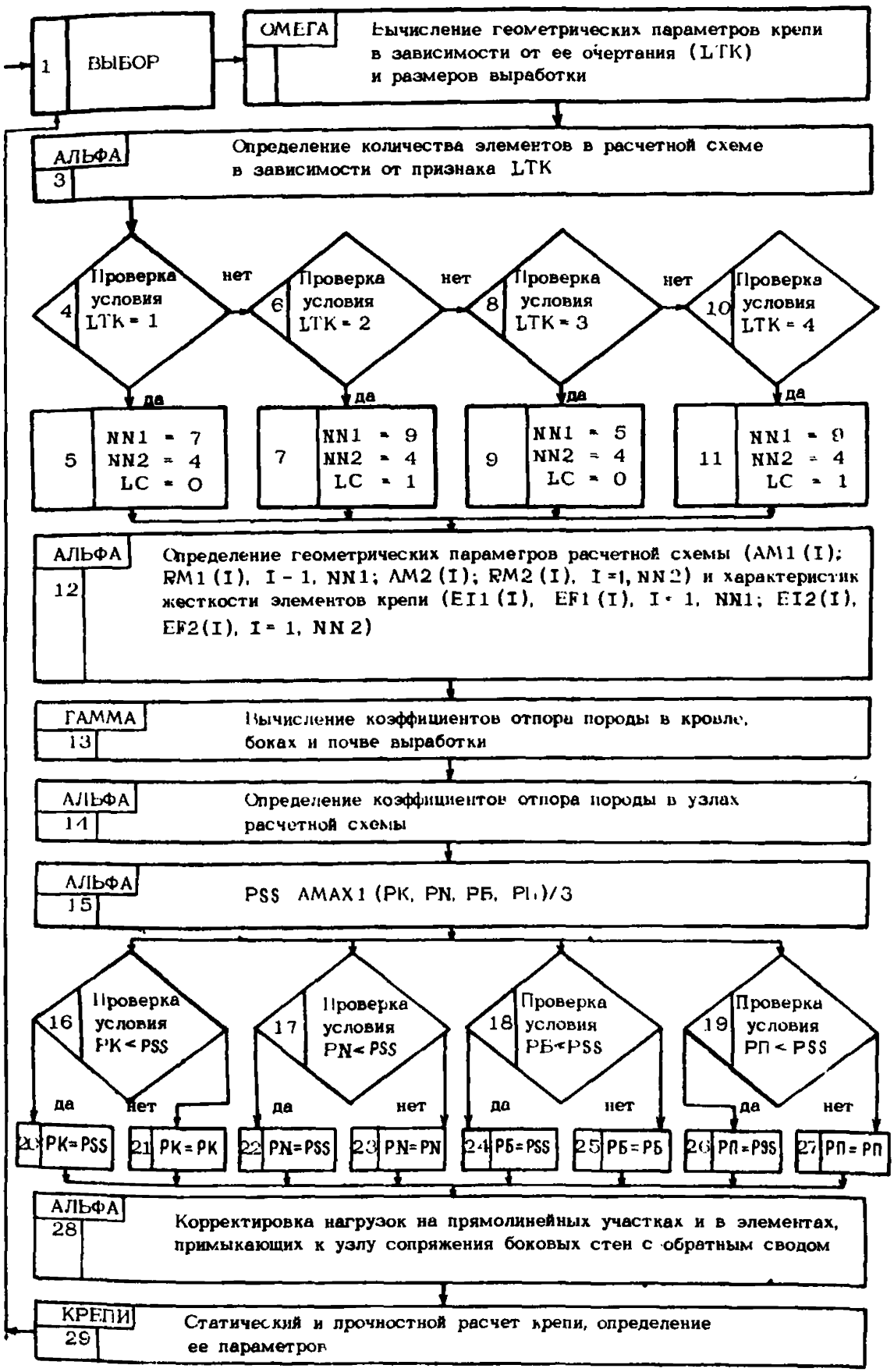


Рис. 8. Блок-схема программы АЛЬФА

ШТРЕК в зависимости от характеристик контактирующих с крепью пород. Однако такой подход, заимствованный из Указаний, приводит к погрешности, особенно для условий неоднородной среды.

Для корректировки методики, с учетом данных шахтных замеров нагрузок на крепь, принимаем, что нагрузки на элементы крепи не могут быть меньше I/3 максимальной. Величина максимальной нагрузки при этом в запас прочности крепи не снижается. Кроме того, экспериментально установлено, что в элементах, примыкающих к узлу стыковки стен с обратным сводом, вследствие увеличения жесткости крепи происходит рост нагрузки, а на прямолинейных участках стен она снижается из-за уменьшения жесткости крепи. В программе АЛЬФА нагрузка на соответствующие элементы увеличивается на 30% или снижается на 20%.

В конце этапа формирования исходных данных производится обращение к программе КРЕПИ, в которой выполняется статический и прочностной расчет крепи. После определения расчетных параметров крепи осуществляется выход из программы АЛЬФА в программу ВЫБОР.

П.2.5. Программа КРЕПИ

Статический расчет крепи капитальных выработок основан на методе начальных параметров. В приводимых ниже расчетных формулах не использовано принимаемое ранее допущение о равенстве углов поворота элементов в шарнирных узлах. Отказ от указанного допущения позволяет уточнить расчет сборных конструкций и предложить принципиально новый подход к расчету устойчивости шарнирной крепи, реализуемый путем учета ее геометрической нелинейности шаговым методом. По этому методу нагрузку в зависимости от заданного количества итераций разбиваем на соответствующее количество ступеней. Расчет выполняем на каждую ступень нагружения при изменении очертания крепи с учетом деформаций, полученных на предыдущем шаге. В качестве критерия потери устойчивости используем условие выхода любых трех соседних шарниров на одну прямую. Одновременно с расчетом устойчивости крепи производим вычисление расчетных усилий в элементах крепи.

Алгоритм статического расчета крепи основан на матричной формуле метода начальных параметров:

$$\{P_n\} = \prod_{i=n+1}^{1} [k_i] \{P_0^0\} + \sum_{j=0}^{n} \Big\|_{n>j} \prod_{i=n+1}^{j+1} [k_i] \{\bar{P}_j\} - \sum_{i=1}^{n-1} \Big\|_{n>i} (1 - Z_i) \cdot \prod_{r=n+1}^{i+1} [k_r] \times$$

$$\times ([A_i^{ск}] \{P_o^{(i)}\} + \{\bar{P}_i^{ск}\}), \qquad (84)$$

где $\{P_n\}$ - матрица-столбец расчетных параметров в узле n ;

$\{P_0^o\}$ - то же начальных параметров в узле 0 ;

$\{\bar{P}_j\}$ - -"- внешней нагрузки в узле j ;

$\{P_0^{(i)}\}$ - -"- начальных параметров в произвольном шарнирном узле i ;

$$\{P_n\} = \begin{Bmatrix} U_n \\ V_n \\ \varphi_n \\ X_n \\ Y_n \\ M_n \end{Bmatrix}; \qquad \{P_0\} = \begin{Bmatrix} U_0 \\ V_0 \\ \varphi_0 \\ X_0 \\ Y_0 \\ M_0 \end{Bmatrix}; \qquad \{\bar{P}_j\} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \bar{X}_j \\ \bar{Y}_j \\ 0 \end{Bmatrix};$$

U_n, V_n - смещение в узле n соответственно в направлении осей OX и OУ;

X_n, Y_n - внутренние силовые факторы в узле n в направлении осей OX и OУ;

φ_n, M_n - угол поворота и изгибающий момент в узле n ;

$\bar{X}_j, \bar{Y}_j$ - узловые нагрузки в узле j в проекциях на оси OX и OУ соответственно;

$Z_i = \begin{cases} 0 & \text{- в узле } i \text{ расчетной схемы расположен шарнир,} \\ 1 & \text{- узел } i \text{ расположен на монолитном участке;} \end{cases}$

$\{P_i^{ск}\}$ - матрица скачка нагрузки в узле i , определяемая в зависимости от расположения шарнира в начале координат;

при отсутствии шарнира в начале координат:

$$\{\bar{P}_i^{ск}\} = \left\{ \frac{c_6\, a_{13}}{a_{66}}, \frac{c_6\, a_{23}}{a_{66}}, c_3, \frac{c_6\, a_{43}}{a_{66}}, \frac{c_6\, a_{53}}{a_{66}}, \frac{c_6\, a_{63}}{a_{66}} \right\}^T, \qquad (85)$$

при расположении шарнира в начале координат:

$$\{\bar{P}_i^{ск}\} = \left\{ \frac{c_6\, a_{13}}{a_{63}}, \frac{c_6\, a_{23}}{a_{63}}, c_3, \frac{c_6\, a_{43}}{a_{63}}, \frac{c_6\, a_{53}}{a_{63}}, c_6 \right\}^T; \qquad (86)$$

a_{ij} - элементы матрицы $[A_i]$:

$$[A_i] = \prod_{r=i}^{1} [k_r] - \sum_{r=1}^{i=1} \Big\|_{i>r} (1 - Z_r) \prod_{t=i}^{r+1} [k_t]\, [A_r^{ск}]; \qquad (87)$$

c_i - элементы вектора $\bar{\Pi}_i$;

$$\bar{\Pi}_i = \sum_{j=0}^{i} \Big\|_{i>j} \prod_{r=i}^{j+1} [k_r] \{\bar{P}_j\} + \{\bar{P}_i\} - \sum_{r=1}^{i-1} \Big\|_{i>r} (1 - Z_r) \prod_{t=i}^{r+1} [k_t] \{\bar{P}_r^{ск}\}. \qquad (88)$$

Матрицы $[A_i^{ск}]$ определяют в зависимости от типа конструкции крепи и системы координат.

Для I и II систем координат замкнутой конструкции и I системы координат незамкнутой конструкции крепи при расположении шарнира в начале координат матрица $[A_i^{ск}]$ имеет вид:

$$[A_i^{ск}]=\begin{bmatrix} a_{13}\frac{a_{61}}{a_{63}} & 0 & a_{13} & 0 & a_{13}\frac{a_{65}}{a_{63}} & 0 \\ a_{23}\frac{a_{61}}{a_{63}} & 0 & a_{23} & 0 & a_{23}\frac{a_{65}}{a_{63}} & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33}-1 & a_{34} & a_{35} & a_{36} \\ a_{43}\frac{a_{61}}{a_{63}} & 0 & a_{43} & 0 & a_{43}\frac{a_{65}}{a_{63}} & 0 \\ a_{53}\frac{a_{61}}{a_{63}} & 0 & a_{53} & 0 & a_{53}\frac{a_{65}}{a_{63}} & 0 \\ a_{61} & 0 & a_{63} & 0 & a_{65} & 0 \end{bmatrix} \quad (89)$$

Для II системы координат незамкнутой конструкции:

$$[A_i^{ск}]=\begin{bmatrix} a_{13}\frac{a_{61}-a_{64}\bar{k}_{02}^{x}}{a_{63}} & a_{13}\frac{a_{62}-a_{65}\bar{k}_{02}^{y}}{a_{63}} & a_{13} & 0 & 0 & 0 \\ a_{23}\frac{a_{61}-a_{64}\bar{k}_{02}^{x}}{a_{63}} & a_{23}\frac{a_{62}-a_{65}\bar{k}_{02}^{y}}{a_{63}} & a_{23} & 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33}-1 & a_{34} & a_{35} & a_{36} \\ a_{43}\frac{a_{61}-a_{64}\bar{k}_{02}^{x}}{a_{63}} & a_{43}\frac{a_{62}-a_{65}\bar{k}_{02}^{y}}{a_{63}} & a_{43} & 0 & 0 & 0 \\ a_{53}\frac{a_{61}-a_{64}\bar{k}_{02}^{x}}{a_{63}} & a_{53}\frac{a_{62}-a_{65}\bar{k}_{02}^{y}}{a_{63}} & a_{53} & 0 & 0 & 0 \\ a_{61}-a_{64}\bar{k}_{02}^{x} & a_{62}-a_{65}\bar{k}_{02}^{y} & a_{63} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (90)$$

Для I и II систем координат замкнутой конструкции и I системы координат незамкнутой конструкции при отсутствии шарниров в начале координат (кроме начала II системы координат, где всегда шарнир):

$$\left[A_i^{ск}\right]=\left[\begin{array}{c|c|c|c|c|c}
a_{16}\frac{a_{61}}{a_{66}} & 0 & a_{13} & 0 & a_{16}\frac{a_{65}}{a_{66}} & 0 \\ \hline
a_{26}\frac{a_{61}}{a_{66}} & 0 & a_{23} & 0 & a_{26}\frac{a_{65}}{a_{66}} & 0 \\ \hline
a_{31} & a_{32} & a_{33}-1 & a_{34} & a_{35} & a_{36} \\ \hline
a_{46}\frac{a_{61}}{a_{66}} & 0 & a_{43} & 0 & a_{46}\frac{a_{65}}{a_{66}} & 0 \\ \hline
a_{56}\frac{a_{61}}{a_{66}} & 0 & a_{53} & 0 & a_{56}\frac{a_{65}}{a_{66}} & 0 \\ \hline
a_{61} & 0 & a_{63} & 0 & a_{65} & 0
\end{array}\right] \qquad (91)$$

В матрицах $\left[A_i^{ск}\right]$ см. формулы (89)-(91) элементы a_{ij} определяются соответствующими элементами матриц $\left[A_i\right]$ выражения (87). Матрицы $\left[k_i\right]$, имеющие размер 6x6 и входящие в расчетную формулу (84), являются матрицами коэффициентов влияния.

Коэффициенты матрицы $\left[k_i\right]$ определяются геометрией конструкции, поперечным сечением крепи в узле i (F_i - площадь поперечного сечения, I_i - момент инерции), модулем упругости крепи $E_к$ и упругими свойствами окружающей среды (модулем упругости E и коэффициентом Пуассона ν) по следующим формулам[x]:

$$\left.\begin{array}{l}
k_{11}=1-\mu_{i-1}\nu_i-\lambda_{i-1}\theta_i;\ k_{12}=\lambda_{i-1}\nu_i+\Delta_{i-1}\theta_i;\ k_{13}=k_{64}=-\gamma_i;\ k_{14}= \\
=\nu_i;\ k_{15}=-\theta_i;\ k_{16}=k_{34}=-\Phi_i;\ k_{21}=\mu_{i-1}\theta_i+\lambda_{i-1}\Psi_i;\ k_{22}=1-\lambda_{i-1}\theta_i- \\
-\Delta_{i-1}\Psi_i;\ k_{23}=k_{65}=\varkappa_i;\ k_{24}=k_{15}=-\theta_i;\ k_{25}=\Psi_i;\ k_{26}=k_{35}=\omega_i;\ k_{31}= \\
=\mu_{i-1}\Phi_i+\lambda_{i-1}\omega_i;\ k_{32}=-\lambda_{i-1}\Phi_i-\Delta_{i-1}\omega_i;\ k_{33}=k_{44}=k_{55}=k_{66}=1;\ k_{34}=k_{16}= \\
=-\Phi_i;\ k_{35}=k_{26}=\omega_i;\ k_{36}=6i_i;\ k_{41}=-\mu_{i-1};\ k_{42}=k_{51}=\lambda_{i-1};\ k_{43}=k_{45}= \\
=k_{46}=k_{53}=k_{54}=k_{56}=k_{63}=0;\ k_{51}=k_{42};\ k_{52}=-\Delta_{i-1};\ k_{61}=\mu_{i-1}\gamma_i+ \\
+\lambda_{i-1}\varkappa_i;\ k_{62}=-\lambda_{i-1}\gamma_i-\Delta_{i-1}\varkappa_i;\ k_{64}=k_{13}=-\gamma_i;\ k_{65}=k_{23}=\varkappa_i
\end{array}\right\} \qquad (92)$$

[x] Индекс i в обозначении элементов матрицы $\left[k_i\right]$ опущен.

Условные обозначения в формулах для определения коэффициентов матрицы $[k_i]$ приняты следующими:

$$x_i = l_i \cos\alpha_i;\ y_i = l_i \sin\alpha_i;\ \nu_i = i_i y_i^2 - j_i x_i^2;\ \theta_i = (i_i + j_i) x_i y_i;\ \Psi_i = \nu_i x_i^2 - j_i y_i^2;\ \omega_i = 3 i_i x_i;\ \mu_i = \bar{k}_i \sin^2\gamma_i;\ \Delta_i = \bar{k}_i \cos^2\gamma_i;\ \Phi_i = 3 i_i y_i;$$

$$\lambda_i = \bar{k}_i \sin\gamma_i \cos\gamma_i;\ i_i = \frac{l_i}{6(E_K I)_i};\ j_i = \frac{1}{l_i (E_K F)_i};\ E_K$$ – модуль упругости материала крепи; l_i – длина элементов в расчетной схеме; γ_i – угол наклона упругой опоры к оси OУ; α_i – угол наклона элемента крепи к оси OX. (93)

Параметры α_i, γ_i, l_i, $\bar{X}_i$, $\bar{Y}_i$, в Рекомендациях вычисляются программным путем в зависимости от типа конструкции, характера нагрузки и расчетной схемы. Жесткость упругой опоры $\bar{k}$ вычисляется по формуле:

$$\bar{k} = k b l_i, \qquad (94)$$

где b – ширина рассчитываемого сечения, обычно принимаемая равной I п. м; k – коэффициент отпора пород, иногда называемый коэффициентом постели.

Коэффициент отпора в зависимости от рассматриваемой расчетной схемы определяется по формулам:

для нормального отпора:

$$k_\sigma \simeq \frac{E \lambda_\sigma}{1{,}2 R}; \qquad (95)$$

для касательного отпора:

$$k_\tau \simeq \frac{E \lambda_\tau}{1{,}5 R}. \qquad (96)$$

Коэффициенты λ_σ и λ_τ определяются в зависимости от относительных размеров забутовки.

При расчете незамкнутой крепи для учета заглубления стен в подошву выработки в расчетной схеме предусматриваем две опоры (вертикальную и горизонтальную). Жесткость этих опор при некоторых допущениях (отношение модулей упругости породы $E/E_з \approx 100$, толщина слоя забутовки 0,2 м, глубина заделки стен в почву выработки 0,25 м, снижение модуля упругости пород в массиве по сравнению с модулем упругости образца по крайней мере в 2 раза) приближенно может быть определена по эмпирическим формулам:

$$\bar{k}^x_{02} = 3 \cdot 10^{-2}\ E/R, \qquad (97)$$

$$\bar{k}^y_{02} = 0{,}1E. \qquad (98)$$

Начальные параметры в формуле (84) неизвестны, их определяют в зависимости от типа конструкции при решении систем уравнений, представленных соответственно для замкнутой конструкции в табл. IO, для незамкнутой - в табл. II.

Таблица IO

Уравнения	U_{01}	φ_{t1}	Y_{01}	U_{02}	$\varphi_{\lambda 2}$	Y_{02}	Свободные члены
$U_{n1} + U_{n2} = 0$	α^{I}_{11}	α^{I}_{13}	α^{I}_{15}	α^{II}_{11}	α^{II}_{13}	α^{II}_{15}	$-(c^{I}_{1} + c^{II}_{1})$
$V_{n1} - V_{n2} = 0$	α^{I}_{21}	α^{I}_{23}	α^{I}_{25}	$-\alpha^{II}_{21}$	$-\alpha^{II}_{23}$	$-\alpha^{II}_{25}$	$-(c^{I}_{2} - c^{II}_{2})$
$\varphi_{n1} - \varphi_{n2} = 0$	α^{I}_{31}	α^{I}_{33}	α^{I}_{35}	α^{II}_{31}	α^{II}_{38}	α^{II}_{35}	$-(c^{I}_{3} + c^{II}_{3})$
$X_{n1} - X_{n2} = 0$	α^{I}_{41}	α^{I}_{43}	α^{I}_{45}	$-\alpha^{II}_{41}$	$-\alpha^{II}_{43}$	$-\alpha^{II}_{45}$	$-(c^{I}_{4} - c^{II}_{4})$
$Y_{n1} - Y_{n2} = 0$	α^{I}_{51}	α^{I}_{53}	α^{I}_{55}	α^{II}_{51}	α^{II}_{53}	α^{II}_{55}	$-(c^{I}_{5} + c^{II}_{5})$
$M_{n1} - M_{n2} = 0$	α^{I}_{61}	α^{I}_{63}	α^{I}_{65}	$-\alpha^{II}_{61}$	$-\alpha^{II}_{63}$	$-\alpha^{II}_{65}$	$-(c^{I}_{6} - c^{II}_{6})$

Таблица II

Уравнения	U_{01}	φ_{t1}	Y_{01}	U_{02}	V_{02}	$\varphi_{\lambda 2}$	Свободные члены
$U_{n1} + V_{n2} = 0$	α^{I}_{11}	α^{I}_{13}	α^{I}_{15}	$\alpha^{II}_{21} - \bar{k}^{x}_{02}\ \alpha^{II}_{24}$	$\alpha^{II}_{22} - \bar{k}^{y}_{02}\ \alpha^{II}_{25}$	α^{II}_{23}	$-(c^{I}_{1} + c^{II}_{2})$
$V_{n1} + U_{n2} = 0$	α^{I}_{21}	α^{I}_{23}	α^{I}_{25}	$\alpha^{II}_{11} - \bar{k}^{x}_{02}\ \alpha^{II}_{14}$	$\alpha^{II}_{12} - \bar{k}^{y}_{02}\ \alpha^{II}_{15}$	α^{II}_{13}	$-(c^{I}_{2} + c^{II}_{1})$
$\varphi_{n1} + \varphi_{n2} = 0$	α^{I}_{31}	α^{I}_{33}	α^{I}_{35}	$\alpha^{II}_{31} - \bar{k}^{x}_{02}\ \alpha^{II}_{34}$	$\alpha^{II}_{32} - \bar{k}^{y}_{02}\ \alpha^{II}_{35}$	α^{II}_{33}	$-(c^{I}_{3} + c^{II}_{3})$
$X_{n1} - Y_{n2} = 0$	α^{I}_{41}	α^{I}_{43}	α^{I}_{45}	$-\alpha^{II}_{51} + \bar{k}^{x}_{02}\ \alpha^{II}_{54}$	$-\alpha^{II}_{52} + \bar{k}^{y}_{02}\ \alpha^{II}_{55}$	$-\alpha^{II}_{53}$	$-(c^{I}_{4} - c^{II}_{5})$
$Y_{n1} - X_{n2} = 0$	α^{I}_{51}	α^{I}_{53}	α^{I}_{55}	$-\alpha^{II}_{41} + \bar{k}^{x}_{02}\ \alpha^{II}_{44}$	$-\alpha^{II}_{42} + \bar{k}^{y}_{02}\ \alpha^{II}_{45}$	$-\alpha^{II}_{43}$	$-(c^{I}_{5} - c^{II}_{4})$
$M_{n1} - M_{n2} = 0$	α^{I}_{61}	α^{I}_{63}	α^{I}_{65}	$-\alpha^{II}_{61} + \bar{k}^{x}_{02}\ \alpha^{II}_{64}$	$-\alpha^{II}_{62} + \bar{k}^{y}_{02}\ \alpha^{II}_{65}$	$-\alpha^{II}_{63}$	$-(c^{I}_{6} - c^{II}_{6})$

Коэффициенты α^{I}_{ij} и α^{II}_{ij} в табл. IO и II определяются для I системы координат элементами матриц $[A_{n1}]$, для II системы координат - $[A_{n2}]$. Матрицы $[A_{n1}]$ и $[A_{n2}]$ вычисляются по формуле (87).

Параметры φ_{t1} и $\varphi_{\lambda 2}$ определяют углы поворота в последних шарнирных узлах соответственно в I и II системах координат.

Начальные параметры φ_{01} и φ_{02} после решения системы уравнений рассчитываются по следующим формулам:

- при расположении шарнира в начале I и II систем координат замкнутой конструкции и в начале I системы координат незамкнутой конструкции:

$$\varphi_{0m} = -\frac{a_{61}}{a_{63}} U_{0m} - \frac{a_{65}}{a_{63}} V_{0m} - \frac{c_6}{a_{63}},$$

$$(m = I,2); \qquad (99)$$

- для незамкнутой конструкции:

$$\varphi_{02} = -\frac{a_{61} - a_{64}\bar{k}^{x}_{02}}{a_{63}} U_{02} - \frac{a_{62} - a_{65}\bar{k}^{y}_{02}}{a_{63}} V_{02} - \frac{c_6}{a_{63}}. \qquad (100)$$

При отсутствии шарниров в начале координат вместо начального угла поворота определяется начальный изгибающий момент:

$$M_{0m} = -\frac{a_{61}}{a_{66}} U_{0m} - \frac{a_{65}}{a_{66}} V_{0m} - \frac{c_6}{a_{66}}. \qquad (101)$$

$$(m = I,2)$$

Элементы a_{ij}, входящие в формулы (99)-(101), определяются матрицами $[A_i]$, где i - номер узла, в котором впервые встретился шарнир ($Z_i = 0$).

Расчетные параметры в узлах конструкции определяются по рекуррентным формулам:

$$\{P_{0m}\} = \{P^{0}_{0m}\} + \{\bar{P}_{0m}\}; \quad \{P_{1m}\} = [k_{1m}]\{P_{0m}\} + \{\bar{P}_{1m}\}; \qquad (102)$$

$$\{P_{2m}\} = [k_{2m}]\{P^{*}_{1m}\} + \{\bar{P}_{2m}\}; \quad \{P_{im}\} = [k_{im}]\{P^{*}_{i-1,m}\} + \{\bar{P}_{im}\},$$

где

$$\{P^{*}_{im}\} = \{P_{im}\} - (1 - Z_{im})\{P^{ск}_{im}\},$$

$$\{P^{ск}_{im}\} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ P^{(im)}_{3} - \varphi^{ск}_{im} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix},$$

$P^{(im)}_{3}$ - элемент третьей строки вектора $\{P_{im}\}$.

Формулы для вычисления коэффициента $\varphi^{ск}_{im}$ зависят от типа конструкции.

Для I и II систем координат замкнутой конструкции и I системы координат незамкнутой конструкции:

$$\varphi^{ск}_{im} = -\frac{a^{(к)}_{61}}{a^{(к)}_{63}} U_{0m} - \frac{a^{(к)}_{65}}{a^{(к)}_{63}} Y_{0m} - \frac{c^{(к)}_{6}}{a^{(к)}_{63}} . \qquad (103)$$

Для II системы координат незамкнутой конструкции:

$$\varphi^{ск}_{im} = -\frac{a^{(к)}_{61} - a^{(к)}_{64}\,\bar{k}^{x}_{02}}{a^{(к)}_{63}} U_{02} - \frac{a^{(к)}_{62} - a^{(к)}_{65}\,\bar{k}^{y}_{02}}{a^{(к)}_{63}} V_{02} - \frac{c^{(к)}_{6}}{a^{(к)}_{63}} . \qquad (104)$$

Здесь k - номер узла, в котором впервые после узла i встречается шарнир ($Z_к = 0$).

В заключение определяются нормальные силы N_{im}, реакции упругого отпора R_{im} в узлах i и величины распределенного отпора $\bar{R}_{im}$ породы:

$$N_{im} = -\left(X_{im} \cos\frac{\alpha_{im} + \alpha_{i+1,m}}{2} + Y_{im} \sin\frac{\alpha_{im} + \alpha_{i+1,m}}{2}\right);$$

$$R_{im} = -\bar{k}_{im}\left(V_{im} \cos\gamma_{im} - U_{im} \sin\gamma_{im}\right);$$

$$\bar{R}_{im} = \frac{2R_{im}}{l_{im} + l_{i+1,m}}, \qquad (105)$$

где X_{im}, Y_{im}, U_{im}, V_{im} элементы векторов $\{P_{im}\}$, определяемых по формулам (102).

Блок-схема программы КРЕПИ

Программа КРЕПИ, основанная на расчетных формулах (84)-(105), состоит из 7 подпрограмм: КРЕПИ, ППППП, АЛМАЗ, МВ, УМН, ЛИНИЯ, БЕТОН, тексты которых на языке ФОРТРАН-IУ приведены в прил. П.4.5.

Исходные данные для программы КРЕПИ передаются из программы АЛЬФА через COMMON /Е/.

Работа программы КРЕПИ (рис. 9) начинается с вычисления ряда параметров и коэффициентов влияния k_{ijm}(92). После построения матриц коэффициентов влияния для всех элементов расчетной схемы $[K_i]_m$ и векторов узловых нагрузок $\{\bar{P}_j\}_m$ в подпрограмме ППППП,

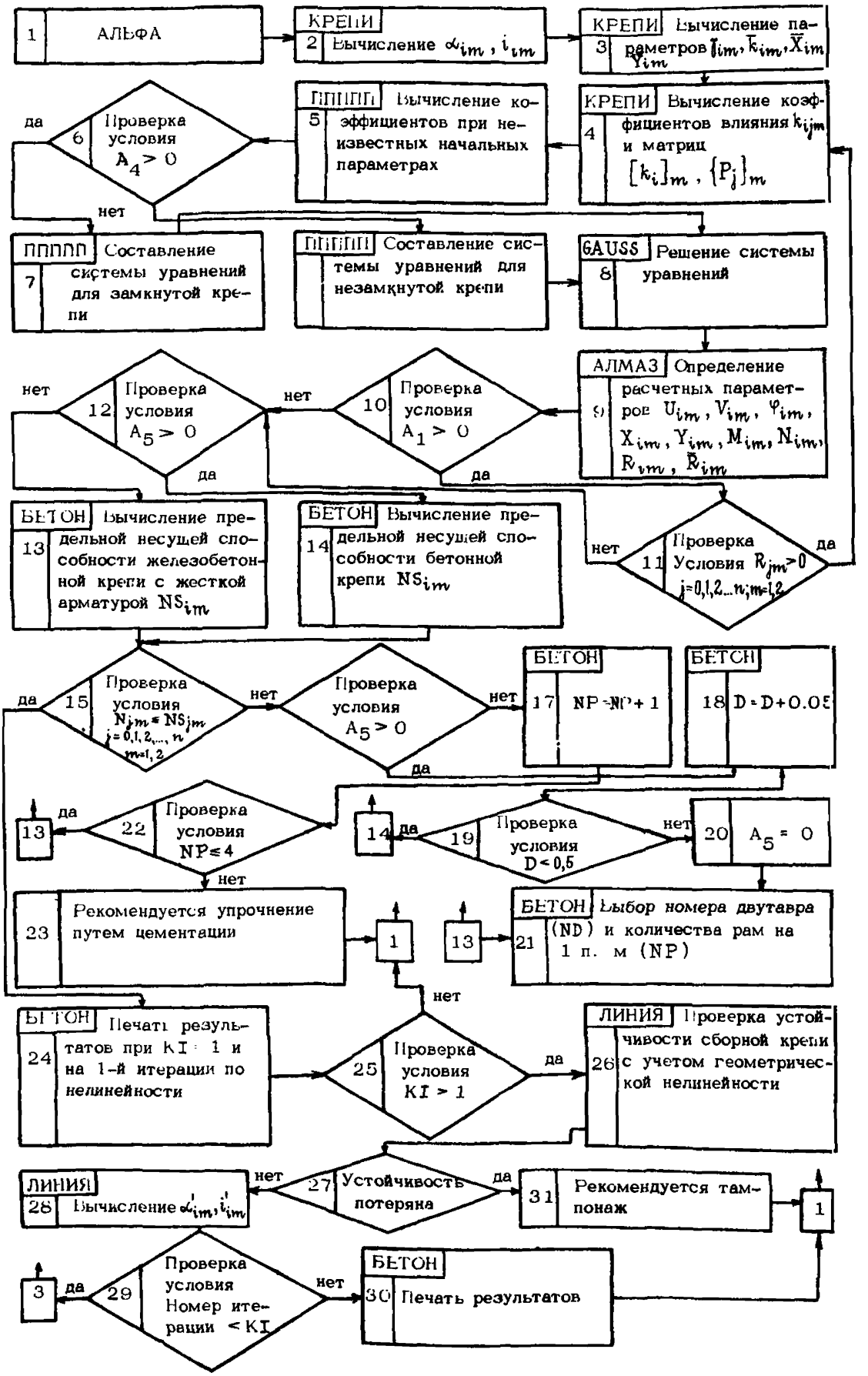


Рис. 9. Блок-схема программы КРЕПИ

с использованием вспомогательных подпрограмм умножения матрицы на матрицу УМН и вектора на вектор МВ, производится вычисление коэффициентов при неизвестных и составление системы уравнений (см. табл. IO для замкнутой крепи или табл. II – для незамкнутой). Система уравнений решается при использовании стандартной подпрограммы GAUSS . Далее в подпрограмме АЛМАЗ определяются расчетные параметры:смещение крепи U , V , изгибающие моменты М, нормальные силы N и реакции упругого отпора R. Для расчетной схемы с нормальным отпором (A_I=I) проверяется знак реакций. Опоры с положительными реакциями, работающими на растяжение, в расчетной схеме снимаются путем подставления нулевых коэффициентов отпора в соответствующих узлах при формировании матрицы коэффициентов влияния. Далее, в зависимости от признака A_5 (A_5 = I при бетонной крепи, A_5 = 0 – при железобетонной с жесткой арматурой) в подпрограмме БЕТОН проверяется прочность сечений крепи. Методика прочностного расчета изложена в Указаниях.

В случае, если предельная несущая способность элементов крепи NS для всех узлов больше значений нормальной силы N в соответствующих узлах, т. е. условие прочности выполняется, производится распечатка результатов расчета[X]. Если условие прочности не выполняется, то последовательно увеличивается толщина бетонной крепи (A_5= I) по 5 см до 50 см. Если толщина бетонной крепи больше 50 см, то рекомендуется железобетонная крепь. Для железобетонной крепи на каждом шаге последовательно добавляется по одной раме. При расчетном количестве рам на I п. м более четырех производится выход из программы. В таком случае повторно рассчитываются проявления горного давления с учетом рекомендуемого упрочнения пород путем цементации и повторно выбираются типы и параметры крепи. При расчете сборной крепи проверяется ее устойчивость. При потере устойчивости крепи на одном из последовательных шагов нагружения расчет прекращается и рекомендуется тампонаж закрепного пространства. Последующий повторный расчет сборной крепи при этом производится при забутовке, равной нулю.

Если крепь устойчивость не теряет, производится распечатка результатов расчета и выход из подпрограммы КРЕПИ.

П.2.6. П р о г р а м м а СМЕТА

Стоимость сооружения капитальных выработок складывается из стоимости проведения и крепления. При условии обеспечения нормальной

[X] Условные обозначения распечатки результатов расчета крепи приведены в разделе 2 (п. 2.20).

эксплуатации выработок затраты на их перекрепление незначительны, и они могут не учитываться.

За основу при составлении программы СМЕТА, по которой предполагается производить приближенный расчет стоимости сооружения капитальных выработок для угольных бассейнов страны, приняты утвержденные нормативные документы. Эти документы используют для определения приближенных стоимостных параметров при проектировании шахт в различных бассейнах страны. Для упрощения ввода исходных данных ряд коэффициентов в расчетных формулах не учитывался, что допустимо при расчете сопоставимых вариантов.

Нормативные документы содержат стоимостные параметры сооружения I $м^3$ выработки в свету, закрепленной различными видами крепи. Причем стоимостные параметры в нормативах приведены не по всем применяемым видам крепи. Для расширения диапазона возможных вариантов крепи и использования их в различных угольных бассейнах определены ориентировочные переходные коэффициенты k_δ . Эти коэффициенты найдены при сопоставлении нормативов для сводчатой монолитной крепи и податливой крепи типа СВП. В результате для различных угольных бассейнов получены следующие значения коэффициента k_δ :

Донецкий - I,0;	Карагандинский - I,3;
Кузнецкий - I,3;	Печорский (Воркута) - 2,I.

В последние годы получили распространение крепи бетонная, железобетонная, податливая СВП с упрочнением массива горных пород цементным раствором. Крепи с упрочнением (ЦВК = 8, 9, I0, II), показавшие высокую эффективность, введены в автоматизированную систему проектирования. Формулы для определения стоимости работ по цементации построены с использованием данных работы Е.Б.Дружко, Ю. З. Заславского, Ф. И. Перепички "Устойчивость основных горных выработок" (Донецк, I975):

$$C_Ц = C_{Ц_I} + C_{Ц_2} + C_{Ц_3}, \qquad (I06)$$

где $C_{Ц_I} = 2,8\ (h_к(b+h_к) + h_б(b+h_б) + h_п(b+h_п))$;

$C_{Ц_2} = I6\ (h_к+h_б+h_п)$; $C_{Ц_3} = I,95b(h_к+h_б+h_п)$;

$h_к = b\ (0,03 + 0,8U_к) + 0,5$;

$h_б = b\ (0,03 + 0,8U_б) + 0,3$;

$h_п = b\ (0,03 + 0,8U_п) + 0,2$,

$C_{Ц_I}$, $C_{Ц_2}$, $C_{Ц_3}$ - стоимости работ соответственно по нагнетанию цементного раствора (В÷Ц = I:2), по бурению шпуров и покрытию стенок выработки набрызг-бетоном; $h_к$, $h_б$, $h_п$ - глубина скважин

для цементирования соответственно в кровле, боках и почве (при отсутствии цементирования одного из элементов выработки значение для него задается равным нулю); b – ширина выработки; $U_к$, $U_б$, $U_п$ – смещения соответственно в кровле, боках и почве (в метрах) к моменту начала работ по цементации.

Для расчета стоимости железобетонной крепи с жесткой арматурой (LBK = 3, 4) с учетом количества двутавровых рам предложены приближенные формулы, основанные на суммировании стоимости проведения и крепления выработки бетоном и стоимости двутавровых рам ($C_{дв}$).

Стоимость двутавровых рам находим

$$C_{дв} = 0{,}29 \cdot p \cdot \upsilon \cdot n, \qquad (107)$$

где p – периметр крепи, υ – вес I п. м двутавра в зависимости от его номера, n – количество рам на I п. м.

Нормативные расчетные формулы для определения стоимости сооружения выработки с податливой крепью из спецпрофиля предполагают использование одной рамы на погонный метр. Стоимость дополнительных рам из спецпрофиля предлагаем вычислять по формуле:

$$C_{свп} = 0{,}29 \cdot p \cdot N\,(n - I), \qquad (108)$$

где N – номер спецпрофиля, определяющий вес I п. м рамы.

Окончательные формулы для приближенного расчета стоимости проведения и крепления выработок представлены в табл. I2.

В табл. I2, кроме указанных выше, введены следующие обозначения:

$C_i\,(j)$ – стоимость прямых затрат на сооружение выработки руб./п. м; i – индекс, определяющий название бассейна (соответственно Д, К, В); – индекс, соответствующий номеру крепи LBK; $S_{св}, S_в$ – площадь поперечного сечения выработки в свету и вчерне, м^2; f – коэффициент крепости пород по М. М. Протодьяконову; d – толщина бетонной крепи.

Блок-схема программы СМЕТА не приведена из-за ее простоты. В ней в зависимости от номера бассейна (LBAC) и номера типа крепи (LBK) рассчитываются стоимости $C_i\,(j)$ по формулам, представленным в табл. I2.

После определения стоимости сооружения I п. м выработки в программе СМЕТА производится распечатка типов, параметров крепи, стоимости проведения и сооружения выработки.

Таблица I2

Номер типа крепи LBK	Номер бассейна БАС		
	Донецкий	Кузнецкий, Карагандинский	Печорский
I - бетонная сводчатая	$C_д(I) = C_к(I)/I,3$	$C_к(I) = S_{св}(20,8-S_{св}0,38+ +I4,8d + f\,0,5)$	$C_п(I) = C_к(I)\ 2,I/I,3$
2 - железобетонные тюбинги КузНИИшахтостроя	$C_д(2) = C_к(2)/I,3$	$C_к(2) = S_{св}(25,2-0,37S_{св}+ +0,5f\ )$	$C_п(2) = C_к(2)\ 2,I/I,3$
3 - железобетонная сводчатая с жесткой арматурой	$C_д(3) = C_д(I) + C_{дв}$	$C_к(3) = C_к(I) + C_{дв}I,3$	$C_п(3) = C_п(I) + C_{дв}2,I/I,3$
4 - железобетонная замкнутая с жесткой арматурой	$C_д(4) = C_д(I) + C_{дв}$	$C_к(4) = C_к(I) + C_{дв}I,3$	$C_п(4) = C_п(I) + C_{дв}2,I/I,3$
5 - набрызг-бетонная	$C_д(5) = C_к(5)/I,3$	$C_к(5) = S_{св}\ I3,3$	$C_п(5) = C_к(5)\ 2,I/I,3$
6 - анкерная	$C_д(6) = C_к(6)/I,3$	$C_к(6) = S_{св}\ II,3$	$C_п(6) = C_к(6)\ 2,I/I,3$
7 - металлическая податливая СВП	$C_д(7) = S_{св}(2I,8- -0,24S_{св}-0,7f) + C_{свп}$	$C_к(7) = S_{св}(I3,8 + + S_{св}0,406) + C_{свп}\ I,3$	$C_п(7) = 225 + I6\cdot (S_{св}-6) + C_{свп}\ 2,I$
8 - металлическая податливая СВП + цементация	$C_д(8) = C_д(7) + C_д$	$C_к(8) = C_к(7) + I,3\ C_ц$	$C_п(8) = C_п(7) + 2,I\ C_ц$
9 - железобетонная сводчатая + цементация	$C_д(9) = C_д(I) + + C_{дв} + C_ц$	$C_к(9) = C_д(9)\ I,3$	$C_п(9) = C_д(9)\ 2,I$
I0 - железобетонная замкнутая + цементация	$C_д(I0) = C_д(I) + + C_{дв} + C_ц$	$C_к(I0) = C_д(I0)\ I,3$	$C_п(I0) = C_д(I0)\ 2,I$
II - бетонная сводчатая + цементация	$C_д(II) = C_д(I) + C_ц$	$C_к(II) = C_к(I) + C_ц\ I,3$	$C_п(II) = C_п(I) + + C_ц\ 2,I$

Приложение 3

АЛГОРИТМ ПРОГРАММЫ ОПТИМ

При составлении программы ОПТИМ (рис. IO) с целью упрощения операции ввода исходных данных некоторые величины приняты постоянными. Так, нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений E = 0,I; коэффициент накладных и плановых накоплений $K_{н.п}$ = I,344; коэффициент общешахтных расходов при строительстве шахт K_0 = 2, а в период эксплуатации K_0' = I,37; стоимость электроэнергии e = 0,007 руб/кВт·ч; оплата за мощность, участвующую в максимуме нагрузки y = 25,I руб./год; годовые амортизационные отчисления на реновацию - 5%.

Значения величин СП, АКГ, ALPH и VIVH вычисляют в программе (блоки 3, 4, 5, IO и II на рис. IO).

Величины IW, EI и E2 представлены в программе в виде массивов размером 7x9.

Приведенные затраты рассчитываются с учетом типа выработки (блок 5), ее места расположения в вентиляционной сети шахты (блоки I4 и I5), ущерба из-за недостаточной надежности крепи. Причем, убытки будут появляться, если выполняется условие

$$Z = \frac{L}{I2\ (1 - АКГ)}\left(\frac{1 - РК}{IW} + \frac{1 - РП}{IW}\right) \leq N$$ (блок I6), в противном случае ущерба нет: AM2 = 0 (блок I7).

Результаты расчета печатаются в виде таблицы приведенных затрат по рассматриваемым вариантам крепи для различных видов ее усиления (см. табл. 7).

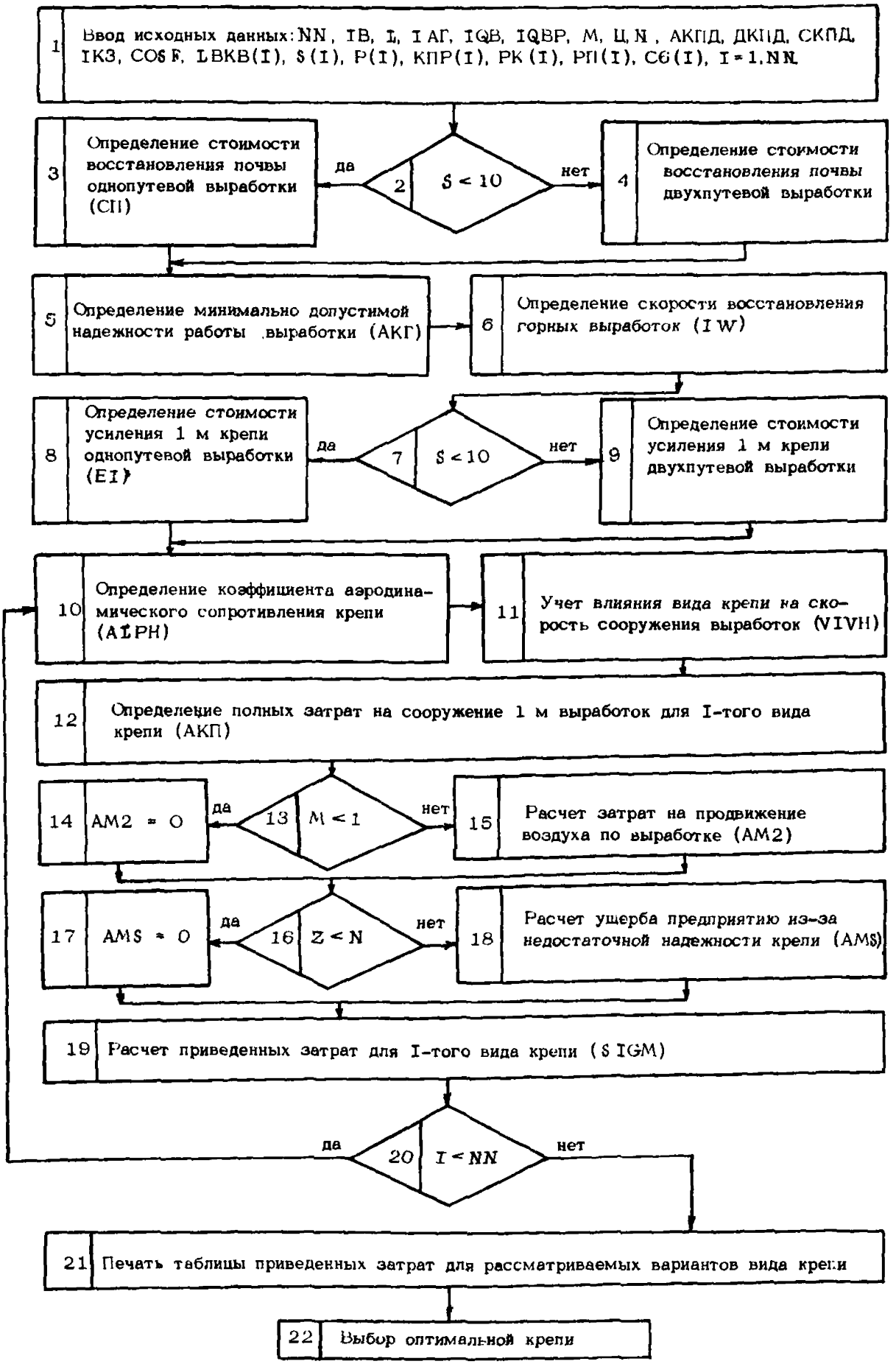


Рис. 10. Блок-схема программы ОПТИМ

Приложение 4

ТЕКСТЫ ПРОГРАММ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАПИТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

П.4.1. Программа НЕДРА (НЕДРА, СИГМА)

НЕДРА

```
      DIMENSION S1(50),S(50),ДМ(50),НЗ(50),КЦМ(50),
     *АМ(50),ДЛИНА(50),X(50),У(50),ЗК(50),ЗБ(50),З
     П(50),НК(50),
     *НБ(50),НП(50),РК(50),РБ(50),РП(50),
     *КЦМК(50),КЦМБ(50),КЦМП(50),XSZ(100)
     *,KЦMSS(50),AMSS(50),SSC(50)
     *,SM1(10),SM2(10),LZ1(10),LZ2(10),EF1(10),EF2
     (10),
     *AM1(10),AM2(10),RKT1(10),RKT2(10),EJ1(10),EJ
     2(10),
     *RM1(10),RM2(10),R1(10),R2(10)
      COMMON/B/AMSS,KЦMSS,SSC,N,LKH,LH,ФA,RO,LKЦ,H
     Т,
     *LKBШ,LKP,ФП,XS,XE,XD,XП,XP,XF,XV,Xф
      COMMON/E/ LAH,LRR,LШ,LC,L1,NN1,NN2,AK1,R1,Q1
     ,Q2,ALP,
     *RI,NP,ND,MR,EБ,RKT1,RKT2,SM1,SM2,AM1,AM2,RM1
     ,RM2,
     *LZ1,LZ2,EJ1,EJ2,EF1,EF2,DK,DC,DП,LTK,ROK,ROБ
     ,BF,
     *HP,LФA,ΔPK,ΔPN,ΔPБ,ΔPП,KP,KBШ,BB1,UK,UN,UБ,U
     П,PMINK,
     *PMINN,PMINБ,XSK,XSБ,XSП,XEK,XEБ,XEП,SC,SЧ,FL
     K,FLБ,
     *FLП,CK3,CБ3,CП3,LЭТ,LH1,LT,LP,LYC,ROC,KЦ,KЦП
     ,KЦБ,
     *XФK,XФБ,XФП,XPK,XPП,XPБ,XПК,XПП,XПБ,XDK,XDП,
     *XDБ,XEK,XEП,XEБ,XVK,XVП,XVБ,KH,UHK,UHП,UHБ,L
     KШ
     *,LБAC,CTM,LTB,HB,P1,P2
      REAL LKH,LH,LФA,LH1,KPB
      REAL KH
      INTEGER A31,S1
200   READ(1,2)LЭТ,LБAC,IФA,A31,IH1,IKH,NN
2     FORMAT(2I1,I2,I3,I4,I3,I2)
      READ(BK1,4)(ДМ(I),КЦМ(I),S1(I),I=1,NN)
4     FORMAT(F5.1,I1,I5)
      READ(1,6)X01,X02,У01,У02,HB,BB,HP,ШАГ,KP
6     FORMAT(6F8.1,3F5.1,F2.0,I1)
      IF(KP.EQ.1)READ(1,3)LT,LP,LYC,ROC
      IF(KP.EQ.3)READ(1,3)LT,LP,LYC,ROC
3     FORMAT(I1,2I2,F4.2)
7     LH1=FLOAT(IH1)
      LH=LH1
      LKH=FLOAT(IKH)
```

```
      L=A=FLOAT(I=A)
      KH=LKH
      H=LH
      H1=H
      =A=L=A
      H55=0.
      BF=BB
      BBI=5800.
      LNW=1
      E6=2600000.
      LYK=1
      L=A=*A
      LYB=1
      LX=IFIX(WAF)
      LPC=LP
      LP2=0
      LLL=0
      IF(X02.LT.0.01)X02=0.1
      DO 10 I=1,NN
      H55=H55+AM(NN-I+1)
10    H5(I)=H55
C
      DO 12 I=1,NN
12    S(I)=FLOAT(S1(I))
      #LK=0.5
      #LB=0.5
      #LM=0.5
      ROK=BB/2.
      ROB=HB/2.
      IF(KF.EQ.0)LP=0
      I=(KF.LT.3) GO TO 172
      LP1=LP
       IF(LT.LT.3)LPM=0
      IF(LT.LT.3) GO TO 164
      IF(LT.EQ.3)GO TO 169
      LPM=2=ROK=ROC
      GO TO 164
169   IF(ROC-1.5) 166,167,168
166   LY=0
      GO TO 171
167   LY=LP1/3.
      GO TO 171
168   IF(ROC.LT.3.)GO TO 170
      LY=LP1/2.
      GO TO 171
170   LY=LP1/2.4
      IF(ROC.GT.3.)LY=2=ROK
171   LPM=LY
      GO TO 164
172   IF(KF.EQ.0) GO TO 164
      I=(KF.GT.1) GO TO 164
      IF(LT.EQ.3) LPM=LYC
      IF(LT.EQ.4) LPM=500
      IF(LT.GE.3) GO TO 164
      IF(LYC-90)162,162,163
162   LPM=10=ROC
      GO TO 164
163   LPM=6=ROC
164   LKF=KF
      DK=0.5
      DC=0.2
      DM=0.5
      A3=A3I/57.276
      =AM=*A/57.276
      SB=SIN(=AM)
      CB=COS(=AM)
      T=SB/CB
      A2=2.=A3
      C1=COS(A3)
      C2=COS(A2)
      S2=SIN(A3)
      S3=ABS(S2)
      IF(S3.LT.0.01)S2=0.01
      S2B=SB=*2
      C2A=C1=*2
      S2A=S2=*2
      TYS=(Y02-Y01)=SB=S2
      TXS=(X02-X01)=SB=C1
      SSS=S2B=C2A=S2B=S2A
      YX=(Y02-Y01)=*2=(X01-X02)=*2
      SSQ=*(SQRT(SSS))
      YXQ=*(SQRT(YX))
      TYE=(Y02-Y01)/(X02-X01)
      RTI=(C1=TYE=S2)/(S2-TYE=C1)
      RT=ABS(RTI)
      PKBW=ARCTB(RT)
      LKBW=IFIX(PKBW=57.276)
      KBW=LKBW
      X(1)=X01
      Y(1)=Y01
      AMMA(1)=0.
      B=BB
      KPB=1.5=BB
      RO=BB/2.
      ROB=HB/2
      ROOT=(X02-X01)=*2+(Y02-Y01)=*2
      A=*(SQRT(ROOT))
      SA=(Y02-Y01)/A
      CA=(X02-X01)/A
      IF(KF.NE.1)GO TO 400
      IF(LT.EQ.6)GO TO 400
      X(1)=X01+LP=CA
      Y(1)=Y01+LP=SA
400   CONTINUE
      DO 100 K=1,30
      OCT=HB=KPB=H5(NN)-H1
      KR=K
      IF(KF.LT.3)GO TO 206
      IF(LT.GT.2)GO TO 206
      I=(KR.GT.1) GO TO 200
206   CONTINUE
      ASSIGN 14 TO LINK
14    CONTINUE
102   IF(H5(1)=2K)103,104,104
104   HK(1)=2K
      HK=NN
      SK(1)=S(NN)
      KUMK(1)=KUM(NN)
      GO TO 17
103   DO 16 I=1,NN
```

```
      IF(HS(I)-ZK)16,15,15
15    HK(1)=ZK-HS(I-1)
      MK=NN-I+1
      SK(1)=S(MK)
      KUMK(1)=KUM(MK)
      GO TO 17
16    CONTINUE
17    CONTINUE
      OCT=HR+HS(NN)-H1
      ASSIGN 30 TO LINK
      GO TO 1
30    CONTINUE
105   IF(HS(1)-ZK)106,107,107
107   MB(1)=ZK
      MB=NN
      SB(1)=S(NN)
      KUMB(1)=KUM(NN)
      GO TO 24
106   DO 18 I=1,NN
      IF(HS(I)-ZK)18,18,20
20    MB(1)=ZK-HS(I-1)
      MB=NN-I+1
      SB(1)=S(MB)
      KUMB(1)=KUM(MB)
      GO TO 24
18    CONTINUE
24    CONTINUE
      OCT=HS(NN)-H1
      ASSIGN 32 TO LINK
      GO TO 1
32    CONTINUE
108   IF(HS(1)-ZK)109,110,110
110   MM(1)=ZK
      SM(1)=S(NN)
      KUMM(1)=KUM(NN)
      GO TO 26
109   DO 19 I=1,NN
      IF(HS(I)-ZK)19,19,25
25    MM(1)=ZK-HS(I-1)
      MM=NN-I+1
      SM(1)=S(MM)
      KUMM(1)=KUM(MM)
      GO TO 26
19    CONTINUE
26    CONTINUE
      OCT=HS(NN)-H1-8
      ASSIGN 56 TO LINK
      GO TO 1
56    CONTINUE
111   IF(HS(1)-ZK)112,113,113
113   MM=NN
      GO TO 60
112   DO 58 I=1,NN
      IF(HS(I)-ZK)58,61,61
61    MM=NN-I+1
      GO TO 60
58    CONTINUE
60    CONTINUE
      PK(1)=MK(1)
      PB(1)=MB(1)
      PM(1)=MM(1)
      LK=MB-MK+1
      LB=MM-MB+1
      LM=MM-MM+1
      IF(LK-EQ.1)GO TO 49
      DO 21 L=2,LK
      J=MK+L-1
      MK(L)=AM(J)
      PK(L)=PK(L-1)+AM(J)
      SK(L)=S(J)
21    KUMK(L)=KUM(J)
      KU=KUMK(LK)
      MK(LK)=KPB-PK(LK-1)
      GO TO 62
49    KU=KUMK(1)
      MK(LK)=KPB
      PK(LK)=KPB
62    IF(LB-EQ.1)GO TO 51
      DO 27 L=2,LB
      J=MB+L-1
      MB(L)=AM(J)
      PB(L)=PB(L-1)+AM(J)
      SB(L)=S(J)
27    KUMB(L)=KUM(J)
      KUB=KUMB(1)
      MB(LB)=MB-PB(LB-1)
      GO TO 53
51    KUB=KUMB(1)
      MB(LB)=MB
      PB(LB)=MB
53    IF(LM-EQ.1)GO TO 56
      DO 22 L=2,LM
      J=MM+L-1
      MM(L)=AM(J)
      PM(L)=PM(L-1)+AM(J)
      SM(L)=S(J)
22    KUMM(L)=KUM(J)
      KUM=KUMM(1)
      MM(LM)=8-PM(LM-1)
      GO TO 34
54    KUM=KUMM(1)
      MM(LM)=8
      PM(LM)=8
      GO TO 34
1     ZK=T+(Y(K)+S2+X(K)+C1)+OCT
      GO TO LINK,(14,30,32,56)
34    N=LK
      DO 36 II=1,N
      AMSS(II)=MK(II)
      SSC(II)=SK(II)
36    KUMSS(II)=KUMK(II)
      CALL CMPMA
      XSK=XS
      XBK=XB
      XDK=XD
      XMK=XM
      XPK=XP
      XFK=XF
      XVK=XV
      XOK=XO
      N=LB
      DO 38 II=1,N
```

```
      AMSS(II)=MB(II)
      SSC(II)=SB(II)
38    KUMSS(II)=KUMB(II)
      RO=ROB
      CALL SIGMA
      RO=0.5*BB
      XSB=XS
      XEB=XE
      XDB=XD
      XMB=XM
      XPB=XP
      XFB=XF
      XVB=XV
      XOB=XO
      N=LM
      DO 40 II=1,N
      AMSS(II)=MM(II)
      SSC(II)=SB(II)
40    KUMSS(II)=KUMM(II)
      CALL SIGMA
      XSM=XS
      XEM=XE
      XDM=XD
      XMM=XM
      XPM=XP
      XFM=XF
      XVM=XV
      XOM=XO
      IF(XSB-XSM)42,42,44
42    XSK=XSB/(MB/(MB+KPB)+(1.-MB/(MB+KPB))*XSB/XS
      K)
44    IF(XSB-XSM)48,48,57
48    XSM=XSB/(MB/(MB+B)+(1.-MB/(MB+B))*XSB/XSM)
57    CEX=(X02-X01)/YXB
      CFY=(Y02-Y01)/YXB
      IF(KR.GT.1) GO TO 129
      WRITE(MU1,161)
161   FORMAT(///////62(1H-))
      WRITE(MU1,160)
160   FORMAT(////////15X,36HСИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРО
      ЕКТИРОВАНИЯ:
     *//17X,38HКАПИТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК;
     *//26X,15H*Н  Е  Д  Р  А*,
     *//26X,30H/ВАРИАНТ 1, 1978 ГОД/;
     *///11X,42HМИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОС
      ТИ СССР;
     *//23X,17H/ В  Н  И  М  И /)
      IF(LЭТАЕО.1)WRITE(MU1,70)
70    FORMAT(/////7X,15HОРИЕНТИРОВОЧНЫЙ)
      IF(LЭТАЕО.2)WRITE(MU1,71)
71    FORMAT(/////12X,10HУТОЧНЕННЫЙ)
      WRITE(MU1,72)
72    FORMAT(1H*,22X,36HВЫБОР ПАРАМЕТРОВ КРЕПИ И С
      ТОЙКОСТИ;
     */22X,20HСООРУЖЕНИЯ ВЫРАБОТОК;
     */14X,6HШАХТЫ)
      IF(LБАСЕЕО.1)WRITE(3,302)
      IF(LБАСЕЕО.2)WRITE(3,304)
      IF(LБАСЕЕО.3)WRITE(3,305)
      IF(LБАСЕЕО.4)WRITE(3,306)
302   FORMAT(1H*,37X,8HЮМБАССА)
304   FORMAT(1H*,37X,8HКУЗБАССА)
305   FORMAT(1H*,37X,9HКАРАГАНДЫ)
306   FORMAT(1H*,37X,7HВОРКУТЫ)
      WRITE(MU1,73)IH1,A3,IFA
73    FORMAT(1X,8HГЛУБИНА ,I4,18HМ  АЗИМУТ ПАДЕНИЯ
     *I3,19HГРАД  УГОЛ ПАДЕНИЯ ,I2,4HГРАД)
      WRITE(MU1,75)XBL
75    FORMAT(1X,38HУГОЛ ВСТРЕЧИ ВЫРАБОТКИ С НАПРАВ
      ЛЕНИЕМ
     *I2HПРОСТИРАНИЯ ,I3,6HГРАД)
      WRITE(MU1,77)BB,HB
77    FORMAT(1X,17HШИРИНА ВЫРАБОТКИ ,F4.1,7HМ  ВЫ
      СОТА ,
     *F3.1,3HМ  В СВЕТУ)
      IF(KP.EQ.0)WRITE(3,201)
      IF(KP.LT.3)GO TO 129
      IF(LTS.EQ.2)WRITE(3,202)
      IF(L.EQ.2)WRITE(3,203)
201   FORMAT(///15X,19HОДИНОЧНАЯ ВЫРАБОТКА)
202   FORMAT(///15X,6HКАМЕРА)
203   FORMAT(//15X,30HВЫРАБОТКА ПРИМЫКАЮЩАЯ К КАМЕРЕ)
```

```
129   IF(KR.EQ.0)GO TO 130
      IF(KR.LT.3)GO TO 173
      IF(LT.LE.2)GO TO 5
      IF(KR.EQ.1)YA=0.
      IF(KR.EQ.2)YA=R0K+2.
      IF(KR.EQ.3)YA=LPP+1.
      IF(KR.GT.3)KR=0
      IF(KR.GT.3)YA=(X(K)-X01)/CA
      GO TO 130
173   IF(KR.GT.1)GO TO 130
      WRITE(ПЧ4,79)
79    FORMAT(//15X,10НСОПРЯЖЕНИЕ)
      WRITE(3,80)LT,LP
80    FORMAT(/1X,6НТИП ,I1,23Н  РА
     *СТОЯНИЕ ОТ ЦЕНТРА ,
     *1НСОПРЯЖЕНИЯ ,I3,1НМ)
      WRITE(ПЧ4,82)LPC
82    FORMAT(1X,16НУГОЛ СОПРЯЖЕНИЯ
     ,I3,6НГРАД)
      WRITE(ПЧ1,84)ROC
84    FORMAT(1X,28НПОЛОВИНА ШИРИНЫ
     *ПРИМЫКАЮЩЕЙ
     *10НВЫРАБОТКИ ,F3.1,1НМ)
130   IF(KR.EQ.1)GO TO 93
      XSA1=XSK/XXK
      XSA1=ABS(1.-XSA1)
      XSA2=XSB/XXB
      XSA2=ABS(1.-XSA2)
      XSA3=XSП/XXП
      XSA3=ABS(1.-XSA3)
      IF(KP.GT.1)GO TO 93
      IF(KP.EQ.0)GO TO 303
      IF(LT.LT.4)GO TO 93
303   IF(KP.EQ.0)LP=LP+LX
      IF(KR.EQ.1)LP=0
      XXK=XSK
      XXB=XSB
      XXП=XSП
      IF(XSA1.GT.0.1)GO TO 93
      IF(XSA2.GT.0.1)GO TO 93
      IF(XSA3.GT.0.1)GO TO 93
      IF(LLL.EQ.1)GO TO 93
      GO TO 128
93    IF(KP.LT.3) GO TO 205
      IF(LT.LT.3)YA=0.
      GO TO 174
205   YA=(X(K)-X01)/CA
204   IF(KP.EQ.0)GO TO 174
      IF(KP.GE.2) GO TO 174
      IF(LT.EQ.6)GO TO 301
      IF(KR.EQ.2)LP=LPП/3
      IF(KR.EQ.3)LP=LPП
      IF(KR.GT.3)KP=0
      YA=LP+1.
      IF(KR.GT.3)YA=(X(K)-X01)/CA
      GO TO 174
301   LP2=LP2+LX
      IF(KR.EQ.1)LP2=0
      LP=LPC
      YA=(X(K)-X01)/CA
174   WRITE(3,87)
87    FORMAT(///1X,36НУДАЛЕНИЕ ОТ
     НАЧАЛА ВЫРАБОТКИ М,
     *2НН    X=      Ч  Y=      М)
      WRITE(ПЧ1,88)YA,X(K),Y(K)
88    FORMAT(1Н0,29X,F6.1,6X,F5.1,
     5X,F5.1)
5     CONTINUE
      IF(LAT.EQ.1)GO TO 126
      WRITE(ПЧ1,89)
89    FORMAT(/1X,8НКРОВЛЯ :)
      IF(КЦ-2)92,91,90
90    IF(КЦ-4)140,141,142
140   WRITE(ПЧ1,127)XVK
      GO TO 118
141   WRITE(ПЧ1,143)XVK
      GO TO 118
142   WRITE(ПЧ1,144)XVK
      GO TO 118
91    WRITE(ПЧ1,96)XVK
      GO TO 118
92    WRITE(ПЧ1,95)XVK
      GO TO 118
118   WRITE(ПЧ1,96)
96    FORMAT(/1X,8НПОЧВА  :)
      IF(КЦП-2)99,98,97
97    IF(КЦП-4)145,146,147
145   WRITE(ПЧ4,127)XVП
      GO TO 122
146   WRITE(ПЧ4,143)XVП
      GO TO 122
147   WRITE(ПЧ4,144)XVП
      GO TO 122
98    WRITE(ПЧ4,94)XVП
      GO TO 122
99    WRITE(ПЧ4,93)XVП
122   WRITE(ПЧ4,114)
114   FORMAT(/1X,8НБОКА  :)
      IF(КЦБ-2)117,116,115
115   IF(КЦБ-4)150,151,152
150   WRITE(ПЧ4,127)XVБ
      GO TO 126
151   WRITE(ПЧ4,143)XVБ
      GO TO 126
152   WRITE(ПЧ4,144)XVБ
      GO TO 126
116   WRITE(ПЧ4,94)XVБ
      GO TO 126
117   WRITE(ПЧ4,95)XVБ
95    FORMAT(1Н+,9X,10НПЕСЧАНИК =,
     F6.0,5НТС/М2)
94    FORMAT(1Н+,9X,10НАЛЕВРОЛИТ =,
     F5.0,5НТС/М2)
127   FORMAT(1Н+,9X,10НАРГИЛЛИТ =,
     F5.0,5НТС/М2)
143   FORMAT(1Н+,9X,10Н  ГЛИНА  =,
     F5.0,5НТС/М2)
144   FORMAT(1Н+,9X,10Н  УГОЛЬ  =,
     F5.0,5НТС/М2)
126   CALL ВЫБОР
128   X(K+1)=X(K)+ШАГ*СРХ
      Y(K+1)=Y(K)+ШАГ*СРУ
      IF(ШАГ.LT.0.4)GO TO 200
      IF(KP.EQ.0)GO TO 209
```

```
      IF(KP.EQ.1)GO TO 307
      IF(LT.LT.3)GO TO 300
      IF(KR.EQ.1)YA=2*R0K
      GO TO 308
307   IF(LT.EQ.6)GO TO 207
      IF(KR.EQ.1)YA=LPM/3.
308   IF(KR.EQ.2)YA=LPM*1.
      IF(KR.EQ.3)YA=LPM*WAP
300   CONTINUE
      X(K+1)=X01+YA*CFX
      Y(K+1)=Y01+YA*CFY
207   CONTINUE
      IF(LLI.EQ.1)GO TO 200
      IF(X(K+1).LT.X02) GO TO 100
      LLL=1
      X(K+1)=X02
      Y(K+1)=Y02
100   CONTINUE
52    STOP
      END
```

СИГМА

```
      SUBROUTINE СИГМА
      DIMENSION AM(50),KWM(50),S(5
0),SM(50),EM(50),
     *DM(50),MEM(50),RM(50),RMM(50
),VM(50),*MM(50)
     *K(3),*(3)
      COMMON/B/ AM,KWM,S,N,KM,M,*A
,R0,KW,H1,
     *KRW,KP,*M,XS,XE,XD,XM,XP,XS,
XV,X*
      REAL KP,KPK,K,KM,K50
      DO 1 I=1,8
      K(I)=S(I)
      RM=R0
      KW=KWM(I)
      AFM=2.6*M/K(1)
      K50=K(1)
      IF(K.EQ.1)S=1.
      IF(K.EQ.2)S=1.
      IF(K.EQ.3)S=1.0
      IF(K.EQ.4)S=0.3
      IF(K.EQ.5)S=0.7
      IF(K.EQ.8)S=0.35
      KPS=K(I)/10000.
      KK1=0
      KK2=5
      ZPL=*KM*0.002
      AS=(*6.3*EXP(ZPL))*10.**(KK1)
      AS=(.8+0.,006*KM)*10.**(KK2)
      CS=2.-0.002*KM
      *M=*A
      IF(K.LT.200.)CS=0.
      IF(K.EQ.2)*M=90.-*M
      Z_S=(AS*K(1)**2-85*K(1)+CS)/TSK
      IF(K.EQ.5)RM=AM(I)
      IF(AM(I).GT.R0)RM=R0
      RLS=2*RM/RLS
      WLZ=0.9
      IF(RRS.LE.1.)GO TO 301
      *S=1.2/(1.+WLZ*ALOG(RRS))
      *A3=2.6**M/(K(1)*WS)
      *S=EXP(*A*WA3/600.)
      *S=*S*WS*
      GO TO 302
301   *S=1.
302   CONTINUE
      *W=3.14*.2*KPK
      AW=0.6
      K=W*RW/S.*M/34205
      IF(*KW.GT.3.57)*KW=1.57
      KW=WS*WM
      K*W=WW*(COS(*KW)+(SIN(*KW))/AW)
      K(I)=K50
      *=450.*K(1)*WS+250000.
      AAS=2.6*MS/(K(1)*WKW)
      IF(K50.LT.1000.)E=300.*K5G
      CAZ=1.-EXP(-AAS)
      IF(KW.EQ.6)CWZ=1.
      WKW=WKW*CWZ
      K(1)=K(1)*WKW
      X=0.
      ALF=.77
      AED=E/10000000.
      IF(K50-5000.)96,96,T6
96    *K5=1.0+K50*0.003
      GO TO 11
16    *K5=2.5+K5G*0.0015
11    V=.2
      AFM=2.6*M/K(1)
      IF(KW.LT.6)GO TO 235
      PYK=0.5
      *(1)=40.
      DEL=0.003
      ME=6.
      E=500000.
      KP=1.5
      GO TO 20
235   CONTINUE
      IF(KW-6)T66,143,166
143   PYK=.8
      *(1)=T0.
      DEL=.00125-.00288*AED
      KP=1.03
      E=500.*K5G
      ME=20.
      K(1)=K5G
      GO TO 20
166   PYK=.5
      *(1)=35.
      DEL=.0047-.0006*AED
      KP=1.1
      ME=1.05
      GO TO 20
166   CONTINUE
      IF(KW-2)T5,16,17
15    PYK=.7
      *(1)=*K5
      DEL=.00500-.000560*AED
      KP=1.03
      ME=1.1
```

```
      GO TO 20
16    FTK=.7
      Φ(1)=ΦKS
      DEL=.008-.00139*AED
      KP=1.1
      ΠE=1.5
      GO TO 20
17    FTK=.7
      Φ(1)=ΦKS
      DEL=.0125-.00288*AED
      KP=1.2
      ΠE=2.
20    CONTINUE
      KP=KP*(1.2-.625*KPK)
      IF(KP-1.05)80,80,81
80    KP=1.05
81    IF(KP-1.25)82,82,83
83    KP=1.25
82    CONTINUE
      SM(I)=K(1)
      VM(I)=KSG
      EM(I)=E
      DM(I)=DEL
      ΠEM(I)=ΠE
      PM(I)=KP
      FMM(I)=FTK
1     ΦMM(I)=Φ(1)
      AS1=0.
      XS=SM(1)
      XE=EM(1)
      XD=DM(1)
      XΠ=ΠEM(1)
      XP=PM(1)
      XF=FMM(1)
      XV=VM(1)
      XΦ=ΦMM(1)
      IF(N-EQ.1)GO TO 3
      N=N-1
      DO 2 I=1,N
      AS1=AS1+AM(I)
      AS2=AS1+AM(I+1)
      XM=AS1/AS2
      XM1=1.-XM
      XS=XS/(XM+XS+XM1/SM(I+1))
      XE=XE/(XM+XE+XM1/EM(I+1))
      XD=XD/(XM+XD+XM1/DM(I+1))
      XΠ=XΠ/(XM+XΠ+XM1/ΠEM(I+1))
      XP=XP/(XM+XP+XM1/PM(I+1))
      XF=XP/(XM+XF+XM1/FMM(I+1))
      XV=XV/(XM+XV+XM1/VM(I+1))
2     XΦ=XΦ/(XM+XΦ+XM1/ΦMM(I+1))
3     CONTINUE
      RETURN
      END
```

П.4.2. Программа ШТРЕК

(ШТРЕК, ВРЕМЯ, ОТПОР)

ШТРЕК

```
      SUBROUTINE ШТРЕК
      DIMENSION Φ(3),K(3),FT(28),
     *KT(3,28),W(3),T1(28),ΦT(28),
     *VT(28),ET(28),GT1(28),P3(2
     *8),PS3(28),Z3(28),P2(10),
     *P0(28),PKC(28),P1(10),ΠP1(
     *28),P1Π(28),Z2(28),Z1Π(28),
     *U1(28),U0(28),PA3P(28),Z2Π
     *(28),R1Π(28),FT1(28),TKT(3,28),
     *C(3),B1(6),AE(6),AE1(6),F1
     *(6),E2(6),E3(6),ΠA(28),KΠБ(6),
     *DR1Π(28),VR(28),U3(28),R3(
     *28),PMIN(28),P∗(28),T(28),
     *,SM1(10),SM2(10),LZ1(10),L
     *Z2(10),EF1(10),EF2(10),
     *ΦM(3),RL(28),
     *R2(28),U2(28),
     *AM1(10),AM2(10),RKT1(10),R
     *KT2(10),EJ1(10),EJ2(10),
     *RM1(10),PM2(10)
      COMMON/A/KLM,K,KT,KP,KSG,K
     *Ш,H,H1,Φ,ΦT,SΦ1,
     *W,BB,T,T1,TKT,GT1,M,LRZ,ME
     *,AK,X,L,IL,Z1Π,
     *Z2,Z3,R0,R1,R2,R3,R1-,RL,Φ
     *M,U0,U1,U2,U3,
     *VR,P0,PKC,PKF,PMIN,P∗,ZZ,L
     *Φ,ΦΠR,D,NШ
     *,EKP,LTKB,ΠEB,EP
      COMMON/E/ LAH,LRR,LШ,LC,L1
     *,AN1,NN2,AK1,F1,Q1,Q2,ALP,
     *R1,RP,RD,MR,EБ,RKT1,RKT2,S
     *M1,SM2,AM1,AM2,RM1,RM2,
     *LZ1,LZ2,EJ1,EJ2,EF1,EF2,DK
     *,DC,DΠ,LTK,R0K,R0Б,BF,
     *HP,LΦA,PK,PN,PБ,PΠ,KГ,KBШ,
     *BB1,UK,UN,UБ,UΠ,PMINK,
     *PMINN,PMINБ,KKP,KБ,KT,EX,E
     *MF,EΠ,SC,SH,FLK,FLБ,
     *FLΠ,CK3,CБ3,CΠ3,LЭT,LH1,LT
     *LP,LYC,R0C,KШX,KШΠ,KШБ,
     *ΦIX,ΦIБ,ΦIΠ,KPK,KPΠ,KPБ,ΠE
     *X,ΠEΠ,ΠEБ,DELX,DELΠ,
     *DELБ,FTKX,FTΠ,FTБ,V,VΠ,VБ,
     *KH,UHK,UHΠ,UHБ,LNШ
     *,LBAC,CTM,LTB,HB,P1,P2
      REAL K,KP,KKP,KΠ,KБ,KPK,KP
     *Π,KPБ,KT,M
      INTEGER ΦL,B7
      REALLΦA,LH1,LKH,LH,KH,KSG
      LI=IFIX(LH1)
      LKH=KH
      NW=LNШ
1     IF(NШ.EQ.1)WRITE(3,62)
3     EKP=EБ
      LTKB=LTK
      H1=LH1
      H=H1
      ΠEB=ΠEX
      C3K=CK3
      C3Π=CΠ3
      C3Б=CБ3
      ΦA=LΦA
      DC=DK+1.3
      DΠ=DK
      B7=IFIX(BB1)
```

```
      RO=ROK
      X=0.
      Φ(1)=ΦIX
      IF(NШ.GT.1)GO TO 122
114   IF(KГ-1)201,201,121
201   IF(KВШ-45)120,120,119
119   WRITE(ПЧ1,12)
12    FORMAT(///10X,29HРАСЧЕТ
УСТОЙЧИВОСТИ КВЕРШЛАГА)
      GO TO 122
120   WRITE(ПЧ1,13)
13    FORMAT(///10X,26HРАСЧЕТ
УСТОЙЧИВОСТИ ШТРЕКА)
      GO TO 122
121   IF(KГ.EQ.2)WRITE(3,95)
122   IF(KГ.LT.3)GOTO236
      RD1=LP*5.
      RD2=1.4
      RD3=1.8
      RD4=1.
      IF(ROC.LT.1.1)GO TO 247
241   RD1=LP*1.5
      RD2=1.3
      RD3=1.45
      RD4=1.1
      IF(ROC.LT.1.5)GO TO 247
242   RD1=LP*1.3
      RD2=1.25
      RD3=1.37
      RD4=1.15
      IF(ROC.LT.1.75)GO TO 247
243   RD1=LP*1.2
      RD2=1.2
      RD3=1.3
      RD4=1.2
      IF(ROC.LT.2.)GO TO 247
244   RD1=LP*1.1
      RD2=1.15
      RD3=1.20
      RD4=1.25
      IF(ROC.LT.3.)GO TO 247
245   RD1=LP*1.05
      RD2=1.09
      RD3=1.15
      RD4=1.3
      IF(ROC.LT.4.)GO TO 247
246   RD1=LP*1.
      RD2=1.
      RD3=1.
      RD4=1.4
247   DSS=-0.65*RD1/RO
      DK1=(1.-EXP(DSS))**2
      IF(LT.EQ.1)GO TO 248
      IF(LT.EQ.2)GO TO 249
      IF(LT.EQ.3)GO TO 250
      IF(LT.EQ.4)GO TO 251
248   AK=DK1*RD2
      IF(NШ.EQ.1)WRITE(3,235)
235   FORMAT(///10X,26HРАСЧЕТ
УСТОЙЧИВОСТИ КАМЕРЫ)
      GO TO 228
249   AK=DK1*RD3
      IF(NШ.EQ.1)WRITE(3,235)
      GO TO 228
250   AK=RD4
      IF(NШ.EQ.1)WRITE(3,237)
237   FORMAT(///5X,30HРАСЧЕТ У
СТОЙЧИВОСТИ ВЫРАБОТКИ :
     *13HВБЛИЗИ КАМЕРЫ)
      GO TO 228
251   AK=1.3
      IF(NШ.EQ.1)WRITE(3,237)
      GO TO 228
236   CONTINUE
95    FORMAT(///7X,35HРАСЧЕТ У
СТОЙЧИВОСТИ ШАХТНОГО СТВОЛА)
      IF(KГ.EQ.2)GO TO 210
      IF(KГ-1)210,212,228
212   CL=FLOAT(LYC)
      IF(KГ.EQ.3)LYC=90
      YC=LYC/114.552
      CYC=COS(YC)
      SYC=SIN(YC)
      TYC=SYC/CYC
      IF(LT-2)222,223,224
222   AKП=1.
      R=LP*TYC/ROC
      GO TO 225
223   AKП=1.15*(1.-LYC/100.)
      R=LP*TYC/ROC
      GO TO 225
224   IF(LT-4)226,227,227
226   AKП=1.
      R=LP*0.58/ROC
      RБ=(LYC-LP)*0.58/ROC
      AБ=1.*1./(AKП*RБ)**2.
      GO TO 225
227   AKП=1.
      R=LP/ROC
225   AK=1.*1./(AKП*R)**2.
      IF(LT-3)228,229,228
229   AK=AK*AБ
228   H1=H1*AK
      IH1=IFIX(H1)
      IF(NШ.GT.1)GO TO 4
      WRITE(ПЧ1,63)
      IF(KГ.EQ.1)WRITE(ПЧ1,202)
      IF(KГ.EQ.3)WRITE(ПЧ1,310)
310   FORMAT(/6X,31H
     ТИП                ROC,
     *18H          LP      H       )
202   FORMAT(/6X,31HНА СОПРЯЖЕ
НИИ ТИП    УГОЛ      ROC,
     *18H          LP      H       )
      WRITE(3,221)LT,LYC,ROC,L
P,IH1
221   FORMAT(1H*,24X,I1,6X,I2,
5X,F4.2,4X,I2,3X,I4)
210   CONTINUE
63    FORMAT(1H*,47X,9HТАБЛИЦА
 N)
      IF(NШ.GT.1)GO TO 4
```

```
      WRITE(ПЧ1,24)
24    FORMAT(//30Н: ИСХОДНЫЕ А
АННЫЕ : Н=     М : ,
     *32НКН=     : ФА=    ГРАД :
 Т1=     СУТ)
      IKH=LKH
      IФA=LФA
      WRITE(3,32)LI,IKH,IФA,B7
32    FORMAT(1Н*,21X,I4,7X,I3,
7X,I2,10X,I4)
      WRITE(ПЧ1,2)
2     FORMAT(19X,21Н  СЗК     С
3Б    СЗП  ,
     *21Н  FLK     FLБ     FLП
)
      WRITE(ПЧ1,219)СЗК,СЗБ,СЗ
П,FLK,FLБ,FLП
219   FORMAT(21X,F4.2,3X,F4.2,
3X,F4.2,3X,F4.2,3X,F4.2,
     *3X,F4.2)
6     KLM=1
      ФП=ФA
      H2=H1
      KПБ(1)=3
      KПБ(2)=2
      KПБ(3)=1
      ФПR=ФП/57.276
      CФП=COS(ФПR)
      SФП=SIN(ФПR)
      IF(ФП-30.)303,303,304
303   H3=H2*0.8
      GO TO 305
304   IF(ФП-45.)306,306,307
306   H3=H2*0.85
      GO TO 305
307   H3=H2
305   IF(KBШ.LT.45)GO TO 308
      H3=H2*0.7
308   CONTINUE
      IF(KГ.EQ.3)GO TO 126
      IF(KГ-1)126,126,140
126   DO 139 KM=1,3
      KLM=KПБ(KM)
      IF(KLM-2)115,116,117
115   K(1)=KБ
      KЦ=KЦБ
      Ф(1)=ФIБ
      D=DC
      RO=ROБ
      CRZ=СЗБ
      ZZ=FLБ
      E=EMБ
      KSG=VБ
      KP=KPБ
      DEL=DFLБ
      ПЕВ=ПЕБ
      FTK=FTБ
      IF(LФ-2)10,10,211
211   IF(NШ.EQ.1)WRITE(3,209)
      H=H3
      GO TO 127
10    IF(NШ.EQ.1)WRITE(3,123)
123   FORMAT(/10Н:  БОКА   :)
      H=H3
      GO TO 127
116   K(1)=KП
      E=EП
      KSG=VП
      KP=KPП
      DEL=DELП
      ПЕВ=ПЕП
      D=DП
      FTK=FTП
      H=H1
      KЦ=KЦП
      Ф(1)=ФIП
      ZZ=FLП
      CRZ=СЗП
      IF(NШ.EQ.1)WRITE(3,124)
124   FORMAT(/10Н:  ПОЧВА :)
      GO TO 127
117   IF(KBШ-45)203,203,205
203   IF(ФA-10.)205,205,206
205   IF(NШ.EQ.1)WRITE(3,125)
      LФ=1
125   FORMAT(/10Н: КРОВЛЯ :)
      E=EX
      KSG=V
      KЦ=KЦX
      Ф(1)=ФIX
      DEL=DELX
      ПЕВ=ПЕX
      FTK=FTKX
      CRZ=СЗК
      ZZ=FLK
      D=DK
      K(1)=KKP
      KP=KPK
      GO TO 127
206   IF(ФA-45.)207,207,208
207   IF(NШ.EQ.1)WRITE(3,209)
      ZZ=FLK
      CRZ=СЗК
      K(1)=KKP
      KЦ=KЦX
      FTK=FTKX
      E=EX
      KSG=V
      Ф(1)=ФIX
      DEL=DELX
      ПЕВ=ПЕX
      D=DK
      KP=KPK
      H=H1
209   FORMAT(/10Н:ПО НОРМАЛ)
      LФ=2
      GO TO 127
208   WRITE(3,125)
      H=H1
      ZZ=FLK
      CRZ=СЗК
      K(1)=KKP
```

```
      ПЕВ=ПЕХ
      DEL=DELX
      KU=KUX
      FTK=FTKX
      E=EX
      KSG=V
      Ф(1)=ФIX
      D=DK
      KP=KPK
      L=3
      GO TO 127
140   H=H2/2
      ZZ=0.5
      CRZ=0.05
      K(1)=KKP
      D=DK
      KU=KUX
      FTK=FTKX
      E=EX
      KSG=V
      Ф(1)=ФIX
      ПЕВ=ПЕХ
      KP=KPK
      L=1
      IF(NW.EQ.1)WRITE(3,141)
141   FORMAT(/10H:          :)
127   АГН=2.6*H/K(1)
      IF(KU-4)166,143,146
143   IF(NW.EQ.1)WRITE(3,153)
153   FORMAT(1H*,12X,13H   ГЛИ
НА   :
     *37HSK=      T/M2 : ФИ=  Г
РАД : RO=     M :)
      GO TO 20
146   IF(NW.EQ.1)WRITE(3,156)
156   FORMAT(1H*,12X,13H   УГО
ЛЬ   :
     *37HSK=      T/M2 : ФИ=  Г
РАД : RO=     M :)
      GO TO 20
166   CONTINUE
      IF(KU-2)15,16,17
15    IF(NW.EQ.1)WRITE(3,18)
18    FORMAT(1H*,12X,13H   ПЕСЧ
АНИК :
     *37HSK=      T/M2 : ФI=  Г
РАД : RO=     M :)
      GO TO 20
16    IF(NW.EQ.1)WRITE(3,19)
19    FORMAT(1H*,12X,13H   АЛЕВР
ОЛИТ :
     *37HSK=      T/M2 : ФI=  Г
РАД : RO=     M :)
      GO TO 20
17    IF(NW.EQ.1)WRITE(3,21)
21    FORMAT(1H*,12X,13H   АРГИ
ЛЛИТ :
     *37HSK=      T/M2 : ФI=  Г
РАД : RO=     M :)
20    CONTINUE
      KL=IFIX(K(1))
      ФL=IFIX(Ф(1))
      ФM(1)=Ф(1)
      Ф(3)=Ф(1)
      Ф(2)=Ф(1)
      DO 26 J=1,3
      Ф(J)=Ф(J)/57.276
26    W(J)=2*SIN(Ф(J))/(1-SIN(
Ф(J)))
      S*1=SIN(Ф(1))
      BB=BB1*2.
      IF(BB-900.)230,230,231
231   BB=5000.
230   CONTINUE
      FT(1)=1.
      T(1)=0.
      T(2)=2.
      T(3)=5.
      T(4)=10.
      T(5)=20.
      T(6)=30.
      T(7)=50.
      T(8)=80.
      T(9)=150.
      T(10)=360.
      T(11)=1080.
      T(12)=5500.
      IF(BB.GT.800.)NBK=24
      IF(BB.GT.800.)GO TO 311
      IF(BB.LT.2.)GO TO 311
      DO 68 I=2,12
      A1S=T(I)-1.5
      IF(A1S-BB)68,69,69
69    T(I-1)=BB
      NBK=(I-1)*2
      GO TO 311
68    CONTINUE
311   CONTINUE
      DO 25 I=2,12
      IF(KU-4)154,155,157
154   EFT=-0.008*T(I)
      GO TO 25
155   EFT=-.001*T(I)
      GO TO 25
157   EFT=-.05*T(I)
      IF(KU.EQ.6)EFT=-0.003*T(I)
25    FT(I)=FTK*(1-FTK)*EXP(EFT)
      IF(NW.EQ.1)WRITE(3,27)K(1),
ФL,RO
27    FORMAT(1H*,28X,F5.0,10X,I2,
10X,F4.2)
      DO 29 I=1,12
      FT1(I)=FT(I)
29    T1(I)=T(I)
      DO 30 I=1,12
      FT(2*I-1)=FT1(I)
      FT(2*I)=FT(2*I-1)
      T(2*I-1)=T1(I)
30    T(2*I)=T(2*I-1)
      DO 31 I=1,24
      CTZ=1./W(1)
      CT=0.5
      CT1=DEL/CT
      SZ=1.
      ФT(I)=CT1*(86400*T(I))**CT
      IF(T(I).GT.50.)ФT(I)=ФT(13)
      FZ=1.+ФT(I)
      ET(I)=E/FZ
      VT(I)=0.5-0.3/FZ
      GT1(I)=.5*ET(I)/(1+VT(I))
31    CONTINUE
      DO 61 I=7,12
```

```
      T(2*I-1)=T1(I)
61    T(2*I)=T(2*I-1)
      PO(1)=E09
      Z1M(1)=1.
      Z1M(2)=1.
      IL=-1
      K(1)=KW*(1.-SIN(*(1)))/(2.*
COS(*(1)))
      K(2)=K(1)
      K(3)=K(2)
      EP=E
      IF(NW.EQ.1)WRITE(3,35)
      IF(NW.EQ.1)WRITE(3,34)
      IF(NW.EQ.1)WRITE(3,135)
      IF(NW.EQ.1)WRITE(3,35)

      DO 36 J=1,3
      DO 36 I=1,24
      KT(J,I)=K(J)*FT(I)*COS(*(J)
)/SIN(*(J))
36    TKT(J,I)=KT(J,I)
      TKT(2,26)=1000.
      TKT(2,25)=1000.
      TKT(1,25)=1000.
      TKT(1,26)=1000.
      I=1
      CALL ВРЕМЯ
      IF(NW.GT.1)GO TO 300
      IF(NW.EQ.1)WRITE(3,60)(T(I)
,PW(I),PMIN(I),U0 (I),Z1M(I),
     *Z2(I),Z3(I),RL(I),VR(I),I=4
,24,4)
34    FORMAT(/45H :  T  : PW : P
MIN:  U0  :  Z1  :
  Z2  :  Z3  :,
     *17H   RL  :    V   :)
60    FORMAT(2H :,F5.0,1H:,F5.0,1
H:,F5.0,1H:,F6.2,
     *1H:,F5.2,1H:,F5.2,
     *1H:,F7.2,1H:,F7.2,
1H:)
135   FORMAT(/45H :СУТКИ: Т/М2: Т
/М2:  СМ  :    :
     *17H   :  М   : ММ/СУТ :)
33    FORMAT(/62(1H=))
35    FORMAT(/62(1H-))
62    FORMAT(///1////62(1H-))
300   IF(NW.EQ.1)WRITE(3,35)
      IF(KL.EQ.2)136,137,138
136   IF(L-2)217,217,218
217   PB=PW(24)
      PMINB=PMIN(24)
      UB=U0(24)
      UHB=U0(NBK)*0.01
      RLB=RI(24)
      GO TO 139
218   PB=PW(24)*S*M
      PN=PW(24)
      RLN=RI(24)
      RLB=RLN*S*M
      UN=U0(24)
      UB=UN*S*M
      UHB=U0(NBK)*0.01
      PMINN=PMIN(24)
      PMINB=PMINN*S*M
137   PA=PW(24)
      UM=U0(24)
      UHM=U0(NBK)*0.01
      RLM=RI(24)
      PMINM=0.
      GO TO 139
138   IF(L-2)214,215,216
214   IF(KBW-LT-45)GO TO 233
      UHK=U0(NBK)*0.01
      PK=PW(24)
      UK=U0(24)
      GO TO 232
233   PK=PW(24)*C*M
      UHK=U0(NBK)*0.01
      PN=PW(24)
      UK=U0(24)*C*M
232   CONTINUE
      RLN=RI(24)
      UN=U0(24)
      PN=PW(24)
      PMINN=PMIN(24)
      RLK=RI(24)
      PMINK=PMIN(24)
      GO TO 139
215   PK=PW(24)*C*M
      PN=PW(24)
      RLN=RL(24)
      RLK=RLN*C*M
      UN=U0(24)
      UK=UN*C*M
      UHK=U0(NBK)*0.01
      PMINN=PMIN(24)
      PMINK=PMINN*C*M
      GO TO 139
216   PK=PW(24)
      RLK=RI(24)
      UK=U0(24)
      UHK=U0(NBK)*0.01
      PMINK=PMIN(24)
139   CONTINUE
      IF(NW.GT.1)GO TO 100
158   WRITE(3,158)
      FORMAT(/,15X,19НРАСЧЕТНЫЕ ПА
РАМЕТРЫ)
      WRITE(3,159)
159   FORMAT(/20X,23НКРОВЛЯ   ПО
НОРМАЛИ
     *16НБОКА        ПОЧВА)
      WRITE(3,213)
213   FORMAT(/1X,27НПЕРЕМЕЩЕНИЕ
          СМ,
     *33H          СМ          СМ
     CM)
      WRITE(3,160)UK,UN,UB,UM
160   FORMAT(1H+,18X,F6.2,5X,F6.2
,5X,F6.2,5X,F6.2)
      WRITE(3,161)
161   FORMAT(1X,27ННАГРУЗКА
     T/M2:
     *33H          T/M2          T/M2
     T/M2)
      IF(BB-900.)163,162,162
162   WRITE(3,164)PMINK,PMINN,PMI
NB,PMINM
166   FORMAT(1H+,18X,F5.1,6X,F5.1
,6X,F5.1,6X,F5.1)
      GO TO 165
163   WRITE(3,164)PK,PN,PB,PM
164   FORMAT(1H+,18X,F5.2,6X,F5.2
,6X,F5.2,6X,F5.2)
165   WRITE(3,167)
167   FORMAT(/1X,27НСОПРОТИВЛЕНИЕ
     T/M2:
     *33H          T/M2          T/M2
     T/M2)
      IF(BB-900.)169,168,168
168   WRITE(3,164)PMINK,PMINN,PMI
NB,PMINM
169   WRITE(3,170)
170   FORMAT(/1X,27НСЦЕПЛЕНИЕ
     T/M2:
     *33H          T/M2          T/M2
     T/M2)
      IF(BB-900.)172,171,171
171   WRITE(3,164)CK,CN,CB,CM
172   WRITE(3,173)
173   FORMAT(/1X,27НУГОЛ ВНУТР.ТР
ЕНИЯ
     *33H          ГРАД          ГРА
     Д)
      IF(BB-900.)175,174,174
174   WRITE(3,164)FIK,FIN,FIB,FIM
175   WRITE(3,176)
176   FORMAT(/1X,27НВЕС ГРУНТА
     T/M3:
     *33H          T/M3          T/M3
     T/M3)
      IF(BB-900.)178,177,177
177   WRITE(3,164)GK,GN,GB,GM
178   WRITE(3,179)
179   FORMAT(/1X,27НВЕС ГРУНТА ВО
ДОНАСЫЩ.
     *33H          T/M3          T/M3
     T/M3)
      IF(BB-900.)181,180,180
180   WRITE(3,164)GWK,GWN,GWB,GWM
181   WRITE(3,182)
182   FORMAT(/1X,27НМОДУЛЬ ДЕФОРМ
АЦИИ
     *33H          T/M2          T/M2
     T/M2)
      IF(BB-900.)184,183,183
183   WRITE(3,164)EK,EN,EB,EM
184   WRITE(3,185)
185   FORMAT(/1X,27НКОЭФ.ПУАССОНА
     *33H
     *33H
     )
      IF(BB-900.)187,186,186
186   WRITE(3,164)UPK,UPN,UPB,UPM
187   WRITE(3,188)
188   FORMAT(/1X,27НПЛОТНОСТЬ ГРУ
НТА
     *33H          Т*С2/М4       Т*С
     2/М4)
      IF(BB-900.)190,189,189
189   WRITE(3,164)RK,RN,RB,RM
190   WRITE(3,191)
191   FORMAT(/1X,27НПЛОТНОСТЬ ВОД
Ы
     *33H          Т*С2/М4       Т*С
     2/М4)
      IF(BB-900.)193,192,192
192   WRITE(3,164)RWK,RWN,RWB,RWM
193   WRITE(3,194)
194   FORMAT(/1X,27НПОРИСТОСТЬ
     *33H
     *33H
     )
      IF(BB-900.)196,195,195
195   WRITE(3,164)PORK,PORN,PORB,
PORM
196   WRITE(3,197)
197   FORMAT(/1X,27НКОЭФ.ФИЛЬТРАЦ
ИИ
     *33H          М/СУТ         М/СУ
     Т)
      IF(BB-900.)199,198,198
198   WRITE(3,164)FKK,FKN,FKB,FKM
199   WRITE(3,200)
200   FORMAT(/1X,27НПОРИСТОСТЬ ВО
ДОНАСЫЩ.
     *33H
     *33H
     )
      IF(BB-900.)202,201,201
201   WRITE(3,164)PORWK,PORWN,POR
WB,PORWM
202   WRITE(3,203)
203   FORMAT(/1X,27НКОЭФ.ФИЛЬТРАЦ
ИИ ВОДОНАСЫЩ.
     *33H          М/СУТ         М/СУ
     Т)
      IF(BB-900.)205,204,204
204   WRITE(3,164)FKWK,FKWN,FKWB,
FKWM
205   WRITE(3,206)
206   FORMAT(/1X,27НУДЕЛЬНАЯ ВОДО
ОТДАЧА
     *33H
     *33H
     )
      IF(BB-900.)208,207,207
207   WRITE(3,164)WATK,WATN,WATB,
WATM
208   WRITE(3,209)
209   FORMAT(/1X,27НУДЕЛЬНОЕ СЦЕП
ЛЕНИЕ
     *33H          Т/М2          Т/М2
     T/M2)
      IF(BB-900.)211,210,210
210   WRITE(3,164)CWK,CWN,CWB,CWM
211   WRITE(3,212)
212   FORMAT(/1X,27НУГОЛ ВНУТР.ТР
ЕНИЯ ВОДОНАСЫЩ.
     *33H          ГРАД          ГРА
     Д)
      IF(BB-900.)100,214,214
214   WRITE(3,164)FIWK,FIWN,FIWB,
FIWM
100   CONTINUE
      IF(NW.EQ.1)WRITE(3,35)
      IF(NW.EQ.1)WRITE(3,34)
      IF(NW.EQ.1)WRITE(3,135)
      IF(NW.EQ.1)WRITE(3,35)
      IF(NW.EQ.1)WRITE(3,60)(T(I)
,PW(I),PMIN(I),U0 (I),Z1M(I),
     *Z2(I),Z3(I),RL(I),VR(I),I=4
,24,4)
      IF(NW.EQ.1)WRITE(3,35)
      IF(NW.EQ.1)WRITE(3,35)
      IF(NW.EQ.1)WRITE(3,35
```

```
167   FORMAT(1X,26H30HA HEУП AEФO
PM          M,
     *33H          M          M
       M)
      WRITE(3,164)RLK,RLN,RLБ,RLП
100   CONTINUE
      RETURN
      END
```

ВРЕМЯ

```
      SUBROUTINE BPEMЯ
      DIMENSIONФ(3),K(3),FT(28),KT
(3,28),W(3),T1(28),ФT(28),
     *VT(28),ET(28),GT1(28),P3(28)
,PS3(28),Z3(28),P2(28),P0(28),
     *PKC(28),P1(28),ПP1(28),P1П(2
8),Z2(28),Z1П(28),R2(28),U2(28),
     *U1(28),UC(28),PA3P(28),Z2П(2
8),R1П(28),FT1(28),TKT(3,28),
     *C(3),B1(6),AE(6),AE1(6),E1(6
),E2(6),E3(6),ПA(28),KПБ(6),
     *DR1П(28),VR(28),U3(28),R3(28
),PMIN(28),PW(28),T(28),
     *ФM(3),RL(28)
      REALKP
      REALKT
      REALM
      REAL K,KSБ
      COMMON/A/KLM,K,KT,KP,KSG,KШ,
H,H1,Ф,ФT,SФ1,
     *W,BB,T,T1,TKT,GT1,M,CRZ,ME,A
K,X,L,IL,Z1П,
     *Z2,Z3,R0,R1,R2,R3,R1П,RL,ФM,
U0,U1,U2,U3,
     *VR,P0,PKC,PKF,PMIN,PW,ZZ,LФ,
ФПR,D,NШ
     *,EKP,LTK,ПE,E
      AFK=0.01+0.015*KШ/1000.
      AKM=AFK*Ф(1)*57.276
      AK=EXP(AKM)
      DO 37 I=1,24
      CT3=W(2)/(W(2)+2.)
      SV=1.*T(I)/R0*0.1*R0
      SZ=(1.-EXP(-SV))*2.6
      P3(I)=H*SE*KT(1,I)
      FT(I)=KT(1,I)/KT(1,1)
      HG=SZ*H/KШ
      YS=2430./W(2)
      AC1=0.5*E/GT1(I)
      CT10=1/(2.*W(1)*X)
      AHG=(HG*FT(I)/W(1))*SФ1
      ПEYX=ПE
      Z3(I)=(ПE/(AC1+AHG))**CT10
      CTZ=1/W(1)
      Z4=((HG*W(1)/FT(I)+1.)*(1.-S
Ф1))**CTZ
      IF(Z3(I)-Z4)92,92,93
93    Z3(I)=Z4
92    CONTINUE
      IF(Z3(I)-1.)84,31,31
84    Z3(I)=1.
31    PS3(I)=P3(I)*(1.-SФ1)
      CT8=-W(1)
      P2(I)=PS3(I)*Z3(I)**CT8
      ПP1(I)=P2(I)-KT(1,I)*KT(2,I)
      CT2=2.*W(1)*X
      DR1П(I)=2.*GT1(I)*(KP-1.)/
     *(W(2)*P3(I)*SФ1*Z3(I)**CT2)
      P1П(I)=ПP1(I)/(DR1П(I)**CT3)
      P0(I)=.05
      CT4=1./W(2)
      Z2П(I)=(ПP1(I)/P1П(I))**CT4
      IF(L-2)38,39,39
38    R1=R0
      GO TO 40
39    R1=R1П1
40    CONTINUE
      ПA(I)=R1*SIN(Ф(1))*P3(I)/(2.
*GT1(I))
      PW(I)=0.
      PKF=.1
      PKC(1)=.01
      IF(BB.GT.900.) BB=6000.
      IF(T(I)-BB)169,169,41
41    IF(PW(I-1)-15.)300,300,301
300   ESБ=100.
      GO TO 302
301   IF(PW(I-1)-30.)303,303,304
303   ESБ=350.
      GO TO 302
304   ESБ=1000.
302   S0=1000000.
      EKP=2.6*S0
      T0=3.
      C0=0.975/S0
      AA=4.62/S0
      C1G=0.05
      TA=T(I)-BB
      TA1=TA-T0
      IF(TA.LT.T0)TA=1.05*T0
      XCG=EXP(-C1G*TA)
      X1G=EXP(-C1G*TA1)
      X2G=EXP(-C1G*T0)
      X3G=ALOG((1-XCG)/(1-X2G))
      X4G=(1-X1G)*C0/(C1G*TA)
      X5G=0.5*(C1G*TA1)**2
      X6G=AA*XCG/TA
      T4=(TA1/TA*X3G/(C1G*TA))/EKP
*C0*TA1/TA
      T5=ALOG(TA/T0)*AA/TA-X6G
      T6=X6G*(ALOG(TA/T0)*C1G*TA1+
X5G)
      T7=T4+T5-T6
      ETA=EKP*(1-X2G)
      TD=1/ETA*(C0+AA/T0)*(1-XCG)
      ETK=TD*T0/TA+T7
      EKP=1/ETK
      EПPOK=26000.
      DПPOK=0.
      EПP=EKP*R0/(R0+EKP*DПPOK
     /(EПPOK*6.3))
      DM3=(D/R0)**3
      GKP1=2.*EПP*DM3/R0
      GKP=GKP1*(1.+2.*SZ*R0/D)
      A=1.
      IF(ZZ.LT.0.21)A=0.5
```

```
      IF(...*A(...)-E2...)3)*KP*GKP*A
      IF(...*A(E3...3)*KP*GKP*A
      IF(...E2...).EQ...)GO...,GO,...01
      IF(...*A(...2...)...L*,YS)TKT(2
...   ...*...*...
      ...
      ...
      
```

```
      PMIN(I)=0.
      GO TO 134
133   PMIN(I)=PKC(I)
134   CONTINUE
      IF(IL)58,59,59
59    R1M=R1M(I)
58    IL=(-I)*IL
37    CONTINUE
      IF(L.EQ.1)GO TO 10
      IF(KLM.EQ.2)GO TO 12
      IF(KLM.LT.3)GO TO 10
12    COM=COS(OMR)
      IF(COM.LT.0.6)COM=0.6
      DO 13 I=1,24
      PW(I)=PW(I)*COM
      PMIN(I)=PMIN(I)*COM
      UO(I)=UO(I)*COM
      RL(I)=RL(I)*COM
13    VR(I)=VR(I)*COM
10    CONTINUE
      RETURN

      END
```

ОТПОР

```
      SUBROUTINE OTPOR(PMI,PWS,P
A0,PA1,PB0,BB1,
     *PC0,PC1,PW,R0,PP0,ZM0,
     *ZMZ,PZ)
      PZ=PMI
      A1=PZZZZ(PA0,PA1,PB0,PB1,P
C0,PC1,PW,R0,PP0,ZM0,ZMZ,PZ)
150   PZ=PZ+PWS
      A2=PZZZZ(PA0,PA1,PB0,PB1,P
C0,PC1,PW,R0,PP0,ZM0,ZMZ,PZ)
      IF(A1*A2)151,151,150
151   PWS=-PWS/10.
      A1=A2
      ZEZ=-1
      IF(ABS(A2)-ZEZ)152,152,150
152   PZ=PZ
      RETURN
      END
```

PZZZZ

```
      FUNCTION PZZZZ(PA0,PA1,PB0,
PB1,PC0,PC1,PW,R0,
     *PP0,ZM0,ZMZ,PPP)
      PZZ=PA1*(PB1/(PPP+RC1))**PW
      PPZ=PA0*(PB0/(PP0+PC0))**PW
      IF(PZZ-PPZ)700,700,701
700   PZZ=PPZ
701   PZZZZ=PZZ+PPZ-PPP+PP0
      RETURN
      END
```

П.4.3. Программа ВЫБОР (ВЫБОР, НОМЕР)

ВЫБОР

```
      SUBROUTINE ВЫБОР
      DIMENSION SM1(10),SM2(10)
,LZ1(10),
     *LZ2(10),EJ1(10),EJ2(10),
     *AM1(10),AM2(10),RKT1(10),
RKT2(10),EJ1(10),EJ2(10),
     *RM1(10),RM2(10),P1(10),PZ
(10)
      COMMON/E/ LAM,LRR,LW,LC,L
1,NN1,NN2,AKI,BI,Q1,Q2,ALP,
     *RI,NP,ND,MR,EB,RKT1,RKT2,
SM1,SM2,AM1,AM2,RM1,RM2,
     *LZ1,LZ2,EJ1,EJ2,EF1,EF2,D
K,DC,DM,LTK,ROK,ROB,BG,
     *MG,L0A,PK,RN,PB,PM,KG,KBW
,BB1,UK,UM,UB,UM,PMINK,
     *PMINN,PMINB,XSK,XSB,XSM,X
EK,XEB,XEM,SC,SW,FLK,FLB,
     *FLM,CK3,CB3,CM3,LST,LH1,L
T,LP,LYC,ROC,KU,KUM,KUB,
     *I,IB,IA,KPK,KPM,KPB,ME
,MEM,MEB,DEL,DELM,
     *DELB,FTK,FTM,FTB,V,VM,VB,
KH,UHK,UHM,UHB,LNW
     *,LSAC,CTM,LTB,HB,P1,PZ
     COMMON/X/ L0A,LIKB,LBKB,B
PB,DKB,VBB,UHKB,UHBB,UHMB,
     *RK1,RK2,RK3,RK4,FLKB,FLBB
,FLMB,KPB,SCB,SWB,CTB
     *,PM,PKB,WP,NPB,P,F,HG,BS
      REAL KKP,KB,KM
      REAL L0A,LH1,KH
      HG=HF
      IF(LST.EQ.1)LNW=2
      IF(LST.EQ.2)LNW=1
      BB1=5E00.
      VBB=VB
      L0A=L0AC
      CK3=0.2
      CB3=0.15
      CM3=0.05
      BFB=BF
      RHK=BF/2.
      RHB=HB/2.
      FLKB=0.5
      FLMB=0.2
      FLBB=0.05
      FLB=0.5
      DKB=0.2
      KPB=KP
      DK=0.05
      FLK=0.5
      FLP=0.2
      ROK=BF/2+DKB
      ROB=HB/2+DKB
      LLA=LNW
```

```
      PKB=AMAX1(PK,PN,PB)
      DKB=0.1*PKB/(85.*BS*10.8)
      LBKB=1
      CALL OMEGA
      IF(LST.LT.2) GO TO 42
      WP=0
      NP=0
      L1=1
      CALL HOMEP(PKB,ROK,NPB)
      CALL ANBOA
      DK=EF1(1)/EB
      DKB=DK
      NPB=ND
      WP=NP
      IF(WP.LT.1.)GO TO 42
      LBKB=3
      GO TO 43
42    CONTINUE
43    CALL CMETA
      CT2=CTB
      IF(ROK.GT.3.5)GO TO 5
      LBKB=2
      WP=0
      CALL OMEGA
      CALL CMETA
      CT3=CTB
      CTM=AMIN1(CT1,CT2,CT3)
      GO TO 5
14    IF(U.GT.30.) GO TO 22
      FLB=0.35
      FLBB=0.35
      LBKB=7
      WP=2.
      DKB=0.2
      PM=PM/2
      CALL HOMEP(PM,ROK,NPB)
26    CALL OMEGA
      CALL CMETA
      CT1=CTB
      BB1=30.
      DK=0.1*ROK
      ROK=BS/2.*UHB*0.3*DK
      ROB=HB/2.*(UHM+UHK)*0.15*DK/2
      CALL WTPEK
      PKB=AMAX1(PK,PN,PB)
      DK=0.1*ROK
      DKB=DK
      LBKB=3
      NPB=20
      WP1=PKB/(63.*5.5*BS)
      NP=IFIX(WP1)
      WP=NP+1.
      CALL OMEGA
      IF(LST.LT.2) GO TO 44
      WP=0
      NP=0
      LBKB=1
      L1=1
      CALL HOMEP(PKB,ROK,NPB)
      CALL ANBOA
      DK=EF1(1)/EB
      DKB=DK
      NPB=ND
      WP=NP
      GO TO 45
44    CONTINUE
45    CALL CMETA
      CT2=CTB
      DK=0.02*ROK
      DKB=0.2
      CK3=0.01
      CALL WTPEK
      PM=AMAX1(PMINK,PMINB,PMINN)
      WP=1.
      LBKB=8
      CALL HOMEP(PM,ROK,NPB)
      CALL OMEGA
      CALL CMETA
      CT3=CTB
      CTM=AMIN1(CT1,CT2,CT3)
22    GO TO 5
      IF(U.GT.50.) GO TO 29
      FLB=0.35
      FLBB=0.35
      DK=0.1*ROK
      ROK=BS/2.*UHB*0.3*DK
      ROB=HB/2.*(UHM+UHK)*0.15*DK/2
      BB1=30.
      CALL WTPEK
      PKB=AMAX1(PK,PN,PB)
      DKB=0.1*ROK
      LBKB=3
      L1=0
      NPB=20
      WP1=PKB/(63.*5.5*BS)
      NP=IFIX(WP1)
      WP=NP+1.
      CALL OMEGA
      IF(LST.LT.2) GO TO 47
      WP=1.
      CALL HOMEP(PKB,ROK,NPB)
      CALL ANBOA
      DK=EF1(1)/EB
      DKB=DK
      NPB=ND
      WP=NP
      IF(NP.LT.4) GO TO 47
      LBKB=2
      CK3=0.01
      CB3=0.01
      BB1=30.
      DK=0.1*ROK
      DKB=DK
      CALL WTPEK
      PKB=AMAX1(PK,PN,PB)
      NPB=20
      WP=1.
      CALL HOMEP(PKB,ROK,NPB)
      CALL OMEGA
      CALL ANBOA
```

```
      LNN=2
      CALL WTPEK
      LNW=LLN
      UHKB=UHK
      UHBB=UHB
      UHПB=UHП
      IF(UB.LT.20)A=1
      IF(UB.GT.19.9)A=2
      IF(UП=20)7,7,8
7     IF(A.EQ.1)LTK=1
      IF(A.EQ.2)LTK=3
      GO TO 9
8     IF(A.EQ.1)LTK=2
      IF(A.EQ.2)LTK=4
      LTKB=LTK
9     CALL OMEGA
      ROK=BS/2+UHB+0.3
      ROB=HB/2+(UHП+0.3+UHK)/2.
      CALL WTPEK
      IF(UB.LT.20)A=1
      IF(UB.GT.19.9)A=2
      IF(UП=20)67,67,68
67    IF(A.EQ.1)LTK=1
      IF(A.EQ.2)LTK=3
      GO TO 69
68    IF(A.EQ.1)LTK=2
      IF(A.EQ.2)LTK=4
      LTKB=LTK
69    CONTINUE
      PM=AMAX1(PMINK,PMINB,PMINN)
      IF(UП.GT.20.) GO TO 1
      PLB=0.2
      PLBB=0.2
      CП3=99.
      U=AMAX1(UN,UK,UB)
      IF(U-5.)3,3,4
3     LBKB=5
      DKB=0.05
      CALL OMEGA
      CALL CMETA
      CT1=CTB
      LBKB=6
      CALL OMEGA
      CALL CMETA
      CT2=CTB
      LBKB=7
      WP=1.
      NPB=17
      CALL OMEGA
      CALL CMETA
      CT3=CTB
      BB1=30.
      DK=0.05+ROK
      ROK=BS/2+UHB+0.3+DK
      ROB=HB/2+(UHП+UHK)+0.15+DK/2
      CALL WTPEK
      PKB=AMAX1(PK,PN,PB)
      DKB=0.1+PKB/(85.+BS+10.8)
      LBKB=4
      CALL OMEGA
      CALL CMETA
      CT4=CTB
      CTM=AMIN1(CT1,CT2,CT3,CT4)
      GO TO 5
4     IF(U.GT.10.) GO TO 6
      LBKB=7
      WP=1.
      DKB=0.2
      CALL HOMEP(PM,ROK,NPB)
10    CALL OMEGA
      CALL CMETA
      CT1=CTB
      BB1=30.
      DK=0.07+ROK
      ROK=BS/2+UHB+0.3+DK
      ROB=HB/2+(UHП+UHK)+0.15+DK/2
      CALL WTPEK
      PKB=AMAX1(PK,PN,PB)
      DKB=0.1+PKB/(85.+BS+10.8)
      LBKB=4
      L1=1
      NP=0
      CALL OMEGA

      IF(LЭT.LT.2) GO TO 40
      WP=0.
      NPB=20
      CALL AПbФA
      DK=EF1(1)/Eb
      DKB=DK
      NPB=ND
      WP=NP
      IF(WP.LT.1.)GO TO 40
      LBKB=3
      GO TO 41
40    CONTINUE

41    CALL CMETA

      CT2=CTB
      CTM=AMIN1(CT1,CT2)
      GO TO 5
6     IF(U.GT.15.) GO TO 14

      LBKB=7
      WP=2.
      DKB=0.2
      PM=PM/2

      CALL HOMEP(PM,ROK,NPB)
18    CALL OMEGA
      CALL CMETA

      CT1=CTB
      BB1=1.
      DK=0.09+ROK
      ROK=BS/2+UHB+0.3+DK
      ROB=HB/2+(UHП+UHK)+0.15+DK/2
      CALL WTPEK
```

```
      DK=EF1(1)/EB
      DKB=DK
      NPB=NB
      WP=NP
47    CALL CMETA
      CT1=CTB
      LBKB=8
      DK=0.02*ROK
      DKB=0.2
      CALL WTPEK
      WP=2.
      PM=AMAX1(PMINK,PMINB,PMINN)
      PM=PM/2
      CALL MOMEP(PM,ROK,NPB)
      CALL OMEGA
      CALL CMETA
      CT2=CTB
      CTM=AMIN1(CT1,CT2)
      GO TO 5
29    CK3=0.01
      IF(UB.GT.50.)CB3=0.01
      IF(CB3.GT.0.02)XSB=XSB*1.5
      BB1=30.
      DK=0.05
      DKB=0.2
      WP=2.
      NPB=22
      LBKB=8
      CALL WTPEK
48    CALL OMEGA
      PM=AMAX1(PMINK,PMINB,PMINN)
      PM=PM/2
      CALL MOMEP(PM,ROK,NPB)
49    CALL CMETA
      CT1=CTB
      FLB=0.35
      FLBB=0.35
      DK=0.1*ROK
      ROK=BB/2+UMB+0.3*DK
      ROB=MB/2*(UMM+UMK)+0.15*DK/2
      BB1=30.
      CALL WTPEK
      PKB=AMAX1(PK,PN,PB)
      DKB=0.1*ROK
      LBKB=11
      L1=1
      NPB=20
      NP=0
      WP=0.
      CALL OMEGA
      IF(L9T.LT.2) GO TO 50
      CALL ALB*A
      DK=EF1(1)/EB
      DKB=DK
      NPB=ND
      WP=NP
      IF(WP.LT.14) GO TO 51
      LBKB=9
      GO TO 51
50    CONTINUE
51    CALL CMETA
      CT2=CTB
      CTM=AMIN1(CT1,CT2)
      GO TO 5
      CONTINUE
      DK=0.1*ROK
      BB1=15
      ROK=BB/2+UMB+0.3*DK
      ROB=MB/2*DK+0.15*(UMM+UMK)
      U=AMAX1(UN,UK,UB,UM)
      IF(U.GT.30.) GO TO 51
      DK=0.1*ROK
      FLB=0.2
      FLBB=0.2
      CALL WTPEK
      PKB=AMAX1(PK,PN,PB,PM)
      DKB=0.1*ROK
      LBKB=4
      L1=0
      NPB=20
      WP1=PKB/(63.-5.5*BB)
      NP=IFIX(WP1)
      WP=NP+1.
      IF(NP.LT.1)WP=1.
      CALL OMEGA
      IF(L9T.LT.2) GO TO 52
      WP=1.
      CALL MOMEP(PKB,ROK,NPB)
      CALL ALB*A
      DK=EF1(1)/EB
      DKB=DK
      NPB=ND
      WP=NP
      IF(NP.LT.6)GO TO 53
      LBKB=9
      LTK=3
      LTKB=3
      FLM=0.
      CK3=0.01
      CM3=0.01
      IF(UB.GT.20)CB3=0.01
      DK=0.1*ROK
      DKB=DK
      CALL WTPEK
      PKB=AMAX1(PK,PN,PB)
      NPB=20
      WP=1.
      CALL OMEGA
      CALL MOMEP(PKB,ROK,NPB)
      CALL ALB*A
      DK=EF1(1)/EB
      FLM=0.2
      DKB=DK
      NPB=ND
      WP=NP
52    CONTINUE
53    CALL CMETA
      CT1=CTB
      DK=0.02*ROK
      DKB=0.2
      XSB=XSB*1.3
```

```
      CП3=0.01
      FLП=0.
      LTK=1
      LTKB=1
      CALL WTPEK
      PM=AMAX1(PMINK,PMINБ,PMINN)
      WP=1.
      LBKB=8

      CALL HOMEP(PM,ROK,NPB)
      CALL OMEГA
      CALL CMETA

      CT2=CTB
      CTM=AMIN1(CT1,CT2)
      GO TO 5
31    IF(U.GT.50.) GO TO 32
      FLБ=0.35
      FLБB=0.35
      DK=0.1*ROK


      CALL WTPEK

      PKB=AMAX1(PK,PN,PБ,PП)
      DKБ=0.1*ROK
      LBKB=4
      L1=0
      NPB=20
      WP1=PKB/(B3*-5.5*BS)
      NP=IFIX(WP1)

      WP=NP+1-

      CALL OMEГA
      IF(LЭT*LT.2) GO TO 54
      WP=1.
      CALL HOMEP(PKB,ROK,NPB)
      CALL AЛБФA
      DK=EF1(1)/EБ
      DKB=DK
      NPB=ND
      WP=NP
      IF(NP.LT.4)GO TO 60
      LBKB=9
      LTK=3
      LTKB=3
      FLП=0.
      CK3=0.01
      CП3=0.01
      IF(UБ.GT.20)CБ3=0.01
      DK=0.1*ROK
      DKB=DK
      CALL WTPEK
      PKB=AMAX1(PK,PN,PБ)
      NPB=20
      WP=1.
      CALL OMEГA
      CALL HOMEP(PKB,ROK,NPB)
      CALL AЛБФA
      DK=EF1(1)/EБ
      DKB=DK
      NPB=ND
      WP=NP
60      CALL CMETA
      FLП=0.2
      CT3=CTB
      LBKB=10
      IF(UБ.GT.20.)LTK=4
      IF(UБ.LT.20.1)LTK=2
      LTKB=LTK
      CП3=0.01
      IF(UK.GT.40.)CK3=0.01
      CБ3=0.01
      DK=0.1*ROK
      DKB=DK
      CALL WTPEK
      PKB=AMAX1(PK,PN,PБ)
      NPB=20
      CALL OMEГA
      WP=1.
      CALL HOMEP(PKB,ROK,NPB)
      CALL AЛБФA
      DK=EF1(1)/EБ
      DKB=DK
      NPB=ND
      WP=NP
      GO TO 55
54    CONTINUE
55    CALL CMETA
      CT1=CTB
      DK=0.02*ROK
      DKB=0.2
      FLП=0.
      IF(UБ.GT.30.)LTK=3
      IF(UБ.LT.31.)LTK=1
      CП3=0.01
      IF(UK.GT.30.)CK3=0.01
      LTKB=LTK
      CALL WTPEK
      PM=AMAX1(PMINK,PMINБ,PMINN)
      WP=2.
      PM=PM/2
      LBKB=8
      CALL HOMEP(PM,ROK,NPB)
      CALL OMEГA
      CALL CMETA
      CT2=CTB
      CTM=AMIN1(CT1,CT2,CT3)
      GO TO 5
32    CK3=0.01
      IF(UБ.GT.50.)CБ3=0.01
      CП3=0.01
      LBKB=9
      LTK=1
      LTKB=LTK
      FLП=0.
```

```
      DK=0.1*ROK
      DKB=DK
      L1=0
      CALL WTPEK
      PKB=AMAX1(PK,PN,PB)
      NPB=20
      WP=1.
      CALL OMEGA
      CALL NOMER(PKB,ROK,NPB)
      CALL АЛЬФА
      DK=EF1(1)/EB
      FLП=0.2
      DKB=DK
      NPB=NB
      WP=NP
      CALL CMETA
61    LTK=2
      LTKB=LTK
      LBKB=10
      FLB=0.35
      FLBB=0.35
      DK=0.1*ROK
      CALL WTPEK
      PKB=AMAX1(PK,PN,PB,PП)
      DKB=DK
      L1=0
      NPB=20
      WP1=PKB/(830-5.5*BS)
      NP=IFIX(WP1)
      WP=NP+1.
      CALL OMEGA
      IF(L3T.LT.2) GO TO 59
      WP=1.
      CALL NOMER(PKB,ROK,NPB)
      CALL АЛЬФА
      DK=EF1(1)/EB
      DKB=DK
      NPB=NB
      WP=NP
      GO TO 57

56    CONTINUE
57    CALL CMETA
      CT1=CTB
      DK=0.02*ROK
      DKB=0.2
      FLП=0.
      LTK=1
      LTKB=LTK
      CALL WTPEK
      PM=AMAX1(PMINK,PMINB,PMINN)
      WP=2.
      PM=PM/2
      LBKB=8
      CALL NOMER(PM,ROK,NPB)
      CALL OMEGA
      CALL CMETA
      CT2=CTB
      CTM=AMIN1(CT1,CT2)
5     SC=SCB
      SN=SNB
      RETURN
      END
```

НОМЕР

```
      SUBROUTINE NOMER(P,R,N)
      IF(R-1.5)1,1,2
1     N=16
      IF(P.GT.40.)N=18
      IF(P.GT.60.)N=20
      IF(P.GT.80.)N=22
      IF(P.GT.100.)N=24
      GO TO 3
2     IF(R-2.5)4,4,5
4     N=18
      IF(P.GT.40.)N=20
      IF(P.GT.60.)N=22
      IF(P.GT.80.)N=24
      IF(P.GT.100.)N=27
      GO TO 3
5     IF(R-3.5)6,6,7
6     N=20
      IF(P.GT.40.)N=22
      IF(P.GT.60.)N=24
      IF(P.GT.80.)N=27
      GO TO 3
7     IF(R.GT.3.69)NП=20
      IF(P.GT.15.)N=22
      IF(P.GT.30.)N=24
      IF(P.GT.40.)N=27
3     CONTINUE
      IF(P.GT.315)GO TO 8
      HC=2*P*R
      IF(HC.LT.150)N=17
      IF(HC.GT.150)N=17
      IF(HC.GT.160)N=19
      IF(HC.GT.170)N=22
      IF(HC.GT.190)N=27
8     CONTINUE
      RETURN
      END
```

П.4.4. Программа КРЕПИ (КРЕПИ, ЛИНИЯ, АЛМАЗ, ППППП УМН, МВ,*БЕТОН)

КРЕПИ

```
      INTEGERA,H,W,C,SM1,SM2,ZM1,ZM2
      DIMENSION RK1(10),RK2(10),SM1(
10),SM2(10),AM1(10),AM2(10),RM1(10),
     *RM2(10),ZM1(10),ZM2(10),EJ1(10
),EJ2(10),EF1(10),EF2(10),P1(10),P2(
     *10),R1(6,6,10),R2(6,6,10),KK1(
10),KK2(10)
     *,AL1(10),AL2(10),A1(10),A2(10)
,G1(10),G2(10),AK1(10),AK2(10),
     *X1(10),X2(10),Y1(10),Y2(10)
```

```
     *,R1CK(6,6),R2CK(6,6),PP1(6,11),PP2(6,11)
     *,T1(6,6),T2(6,6),T3(6,6),П12(6,6),ПВ(6)
     *,ПВ1(6,1),XP(6),S1(6,11),S2(6,11)
     *,П1(6,6,10),П2(6,6,10),ПП1(6,10),ПП2(6,10),П
СК(6,6)
     *,LZ1(10),LZ2(10),RKT1(10),RKT2(10)
      COMMON T1,T2,T3,R1CK,R2CK,X1,X2,Y1,Y2,ZM1,ZM
2,Ш,С,XK,YK,X10,Y10

     *,X20,Y20,ПСК,П1,П2,ПП1,ПП2,R1,R2,N1,N2,
     *A,D,AK10,AK20,AK1,AK2,RK10,
     *RK20,RK1,RK2,G10,G20,G1,G2,A1,A2,XP
     *,KK10,KK20,KK1,KK2,AL1,AL2
      COMMON/E/ LAH,LRR,LШ,LC,L1,NN1,NN2,AKI,FI,Q1
;Q2,ALP,
     *RI,NP,ND,MR,EБ,RKT1,RKT2,SM1,SM2,AM1,AM2,RM1
;RM2,
     *LZ1,LZ2,EJ1,EJ2,EF1,EF2,DK,DC,DП,LTK,ROK,ROБ
,ВГ,
     *НГ,LФА,PK,QN,PБ,PП,КГ,Kвш,ВВ1,UK,UN,UБ,UП,PM
INK,
     *pMINN,pMINБ,KKP,KБ,Kп,E,EMБ,Eп,SC,SN,FLK,FLБ
,
     *FLП,CK3,C[illegible]3,СП3,LЭТ,LH1,LT,LP,LYC,ROC,KЦ,KШП
;KЦБ,
     *ФI,ФIБ,ФIП,KPK,KPП,KPБ,ПЕ,ПЕП,ПЕБ,DEL,DELП,
     *DELБ,FTK,RTП,FTБ,V,VП,VБ,KH,UHK,UHП,UHБ,LNШ
     *,LБАС,CTM,LTБ,HB,P1,P2
      REAL MU,NU,LФА,LH1,KH,KKP,KБ,KП,KPK,KPП,KPБ
      PI=3.14159З/180Ф
      A=LAH
      R=LRR
      Ш=LШ
      C=LC
      N1=NN1
      N2=NN2
      DO 309 I=1,10
      ZM1(I)=LZ1(I)
      ZM2(I)=LZ2(I)
      RK1(I)=RKT1(I)
309   RK2(I)=RKT2(I)
      XK=0.2*EП/(ROK*10.)
      YK=0.1*EП
      DO 17 I=1,N1
      IF(RK1(I).LT.1Ф)RK1(I)=10.
17    CONTINUE
      DO 18 I=1,N2
      IF(RK2(I).LT.1Ф)RK2(I)=10.
18    CONTINUE
      RK10=RK1(1)
      RK20=RK2(1)
      IF(LNШ.GT.1)GO TO 401
      WRITE(ПЧ1,218)
218   FORMAT(9X/////////)
      WRITE(ПЧ1,200)
240   FORMAT(1H=,15X,18HБЕТОННАЯ КРЕПЬ RI=,F5.0,4H
 NP=,I1)
241   FORMAT(1H*,15X,24HЖЕЛЕЗОБЕТОННАЯ КРЕПЬ RI=,F
5.0,4H NP=,I1)
200   FORMAT(9X,65HТ А Б Л И Ц А   И С Х О Д Н Ы Х
   А А Н Н Ы Х
     *)/9X,65(1H=))
201   FORMAT(4X,9HЗАМКНУТАЯ)
202   FORMAT(4X,16HНОРМАЛЬНЫЙ ОТПОР)
203   FORMAT(4X,19HНАГРУЗКА РАДИАЛЬНАЯ)
204   FORMAT(4X,21HКОМБИНИРОВАННАЯ КРЕПЬ)
205   FORMAT(4X,11HНЕЗАМКНУТАЯ)
206   FORMAT(4X,17HКАСАТЕЛЬНЫЙ ОТПОР)
207   FORMAT(4X,23HНАГРУЗКА РАСПРЕДЕЛЕННАЯ)
208   FORMAT(4X,15HМОНОЛИТНАЯ  ND=,I2,3H E=,F8.0,4
H RK=,I5)
209   FORMAT(4X,14HШАРНИРНАЯ  ND=,I2,3H E=,F8.0,4H
 RK=,I5)
210   FORMAT(4X,15HУГОЛ ТРЕНИЯ FI=,F6.0,14HГРАД; A
LP НАЧ=,F6.0,5HГРАД
     *)
211   FORMAT(4X,3HN1=,I2,12H ЭЛ-ТОВ  N2=,I2,7H ЭЛ-
ТОВ)
212   FORMAT(4X,3HQ1=,F6.0,10H T/M2  Q2=,F4.0,10H
T/M2  KX=,F8.0,
```

```
     +7H T  KY=,F8.0,2H T)
214   FORMAT(6X,55(1H-))
215   FORMAT(6X,55H:НОМЕРА:      K
:S:Z: ALP :  R  :   EJ  :   EF  :
     +  P  :)
216   FORMAT(6X,8H:          ,67(1H-))
217   FORMAT(6X,55H:ЭЛ-ТОВ:   T/M3
:+:-:ЕРАД:  M  :  TM2  :   T
     +   : T/M2:)
219   FORMAT(6X,1H:,I6,3H  :,F8.0,1
H:,2(I1,1H:),F5.1,1H:,F5.2,1H:,
     +2(I7,1H:),F5.0,1H:)
      IF(C)221,221,222
221   WRITE(ПЧ1,203)
      GO TO 223
222   WRITE(ПЧ1,201)
223   IF(L1)242,242,243
242   WRITE(ПЧ1,261)RI,NP
      GO TO 244
243   WRITE(ПЧ1,260)RI,NP
246   IF(A)226,226,225
226   WRITE(ПЧ1,206)
      GO TO 226
225   WRITE(ПЧ1,202)
226   IF(W)227,227,228
227   WRITE(ПЧ1,207)
      GO TO 229
228   WRITE(ПЧ1,203)
229   IF(Ш)230,230,231
230   WRITE(ПЧ1,209)ND,EB,MR
      GO TO 232
231   WRITE(ПЧ1,208)ND,EB,MR
232   WRITE(ПЧ1,210)FI,ALP
      WRITE(ПЧ1,211)N1,N2
      WRITE(ПЧ1,212)Q1,Q2,XK,YK
      WRITE(ПЧ1,245)AKI
245   FORMAT(6X,71HКОЛ-ВО ИТЕРАЦИЙ,
F4.0)
      WRITE(ПЧ1,214)
      WRITE(ПЧ1,215)
      WRITE(ПЧ1,216)
      WRITE(ПЧ1,217)
      WRITE(ПЧ1,216)
401   DO 11 I=1,N1
      KK1(I)=EJ1(I)
11    KK2(I)=EF1(I)
      IF(LNШ.GT.1)GO TO 402
      DO 233 I=1,N1
233   WRITE(3,219)I,RK1(I),SM1(I),
ZM1(I),AM1(I),RM1(I),KK1(I),
     *KK2(I),P1(I)
      WRITE(ПЧ1,216)
402   DO 12 I=1,N2
      KK1(I)=EJ2(I)
12    KK2(I)=EF2(I)
      IF(LNШ.GT.1)GO TO 260
      DO 236 I=1,N2
236   WRITE(3,219)I,RK2(I),SM2(I),
ZM2(I),AM2(I),RM2(I),KK1(I)
     *,KK2(I),P2(I)
      WRITE(ПЧ1,216)
260   NI=0
      DO 261 I=1,6
      DO 261 J=1,11
      S1(I,J)=0.
261   S2(I,J)=0.
      D=0.
      DO 6 I=1,N1
      AL1(I)=2.*RM1(I)*SIN(AM1(I)*
3.14159/360.)*SM1(I)*RM1(I)*
     +(1.-SM1(I))
      S=0
      DO 5 J=1,I
5     S=S+AM1(J)
6     A1(I)=(90.-S-AM1(I)/2.)*SM1(
I)*AM1(I)*(1.-SM1(I))
      DO 14 I=1,N2
      AL2(I)=2.*RM2(I)*SIN(AM2(I)*
3.14159/360.)*SM2(I)*RM2(I)*(1.-SM2
     +(I))
      S=0
      DO 13 J=1,I
13    S=S+AM2(J)
14    A2(I)=(90.-S-ALP+AM2(I)/2.)*
SM2(I)*AM2(I)*(1.-SM2(I))
262   KK10=1
      KK20=1
      NI=NI+1
      DO 308 I=1,10
      KK1(I)=1
308   KK2(I)=1
      NN=N1-1
      DO 8 I=1,NN
      B=(A1(I)+A1(I+1))/2.
      G1(I)=A*(90.-FI)+B-90.
      AK1(I)=RK1(I)*(AL1(I)+AL1(I+
1))/2.
      X1(I)=(P1(I)+AL1(I)/2.*SIN(A
1(I)*3.14159/180.)+P1(I+1)*
     +AL1(I+1)/2.*SIN(A1(I+1)*3.14
159/180.))/AKI
8     Y1(I)=-((Q1+H*P1(I))*COS(A1(
I)*3.14159/180.)*AL1(I)/2.+(Q1+H*P1
     +(I+1))*AL1(I+1)/2.*COS(A1(I+
1)*3.14159/180.))/AKI
      IF(ABS(A-1).LT.0.1)GO TO 9
      G10=0.
      G20=0.
      GO TO 10
9     G10=90.
      G20=90.
10    AK10=RK10*AL1(1)/2.
      AK1(N1)=RK1(N1)*AL1(N1)/2.
      X10=P1(1)*AL1(1)/(2.*AKI)*SI
N(A1(1)*3.14159/180.)
      Y10=-(Q1+H*P1(1))*AL1(1)/(2.
*AKI)*COS(A1(1)*3.14159/180.)
      X1(N1)=P1(N1)*AL1(N1)/(2.*AK
I)*SIN(A1(N1)*3.14159/180.)
      Y1(N1)=-(Q1+H*P1(N1))*AL1(N1
)/(2.*AKI)*COS(A1(N1)*3.14159/180.)
      B=(A1(N1)+A2(N2))/2.
      G1(N1)=A*(90.-FI)+B-45.*(1.*
C)
      G2(N2)=A*(FI-90.)+B-45.*(3.*
C)
      NN=N2-1
      DO 16 I=1,NN
      B=(A2(I)+A2(I+1))/2.
      G2(I)=A*(FI-90.)+90.+B
```

```
      AK2(I)=RK2(I)*(AL2(I)+AL2(I+1))/2.
      X2(I)=(P2(I)*AL2(I)/2.+SIN(A2(I)*3.14159/180.)+P2(I+1)*AL2(I+1)/2.*SIN(A2(I+1)*3.14159/180.))/AKI
      Y2(I)=-((Q2+H*P2(I))*COS(A2(I)*3.14159/180.)*AL2(I)/2.+(Q2+H*P2(I+1))*AL2(I+1)/2.*COS(A2(I+1)*3.14159/180.))/AKI
      AK20=RK20*AL2(1)/2.
      AK2(N2)=RK2(N2)*AL2(N2)/2.
      X20=P2(1)*AL2(1)/(2.*AKI)*SIN(A2(1)*3.14159/180.)
      Y20=-(Q2+H*P2(1))*AL2(1)/(2.*AKI)*COS(A2(1)*3.14159/180.)
      X2(N2)=P2(N2)*AL2(N2)/(2.*AKI)*SIN(A2(N2)*3.14159/180.)
      Y2(N2)=-(Q2+H*P2(N2))*AL2(N2)/(2.*AKI)*COS(A2(N2)*3.14159/180.)
3     DO 24 I=1,N1
      X=AL1(I)*COS(A1(I)*3.14159/180.)
      Y=AL1(I)*SIN(A1(I)*3.14159/180.)
      AI=AL1(I)/(6.*EJ1(I))
      AJ=1./(AL1(I)*EF1(I))
      NU=AI*Y*Y+AJ*X*X
      TE=(AI+AJ)*X*Y
      PSI=AI*X*X-AJ*Y*Y
      OM=3.*AI*X
      IF(I-1)20,20,22
20    IF(A-2)33,34,36
33    MU=AK10*SIN(G10*PI)**2
      ALA=AK10*SIN(G10*PI*2.)/2.
      DE=AK10*COS(G10*PI)**2
      GO TO 23
34    MU=AK10
      ALA=0.
      DE=AK10
      GO TO 23
22    AA=AK1(I-1)
      GG=G1(I-1)*PI
      IF(A-2)35,36,36
35    MU=AA*SIN(GG)**2
      ALA=AA*SIN(2.*GG)/2.
      DE=AA*COS(GG)**2
      GO TO 23
36    MU=AA
      ALA=0.
      DE=AA
23    FIT=3.*AI*Y
      R1(1,1,I)=1.-MU*NU-ALA*TE
      R1(1,2,I)=ALA*NU+DE*TE
      R1(1,3,I)=-Y
      R1(1,4,I)=NU
      R1(1,5,I)=-TE
      R1(1,6,I)=-FIT
      R1(2,1,I)=MU*TE+ALA*PSI
      R1(2,2,I)=1.-ALA*TE-DE*PSI
      R1(2,3,I)=X
      R1(2,4,I)=-TE
      R1(2,5,I)=PSI
      R1(2,6,I)=OM
      R1(3,1,I)=MU*FIT+ALA*OM
      R1(3,2,I)=-ALA*FIT+DE*OM
      R1(3,3,I)=1.
      R1(3,4,I)=-FIT
      R1(3,5,I)=OM
      R1(3,6,I)=6.*AI
      R1(4,1,I)=-MU
      R1(4,2,I)=ALA
      R1(4,3,I)=0
      R1(4,4,I)=1.
      R1(4,5,I)=0
      R1(4,6,I)=0
      R1(5,1,I)=ALA
      R1(5,2,I)=-DE
      R1(5,3,I)=0
      R1(5,4,I)=0
      R1(5,5,I)=1.
      R1(5,6,I)=0
      YY=Y-EF1(I)*0.0000002*COS(A1(I)*PI)
      XX=X-EF1(I)*0.0000002*SIN(A1(I)*PI)
      R1(6,1,I)=MU*YY+ALA*XX
      R1(6,2,I)=-ALA*YY-DE*XX
      R1(6,3,I)=0
      R1(6,4,I)=-Y
      R1(6,5,I)=X
24    R1(6,6,I)=1.
      DO 25 J=1,6
      DO 25 K=1,6
25    R1CK(J,K)=0.
      R1CK(1,1)=1.
      R1CK(2,2)=1.
      R1CK(3,3)=1.
      R1CK(4,4)=1.
      R1CK(5,5)=1.
      R1CK(6,6)=1.
      R1CK(4,1)=-AK1(N1)*SIN(G1(N1)*3.14159/180.)**2
      R1CK(4,2)=AK1(N1)*SIN(2.*G1(N1)*3.14159/180.)/2.
      R1CK(5,1)=R1CK(4,2)
      R1CK(5,2)=-AK1(N1)*COS(G1(N1)*3.14159/180.)**2
      DO 30 I=1,N2
      X=AL2(I)*COS(A2(I)*3.14159/180.)
      Y=AL2(I)*SIN(A2(I)*3.14159/180.)
      AI=AL2(I)/(6.*EJ2(I))
      AJ=1./(AL2(I)*EF2(I))
      NU=AI*Y*Y+AJ*X*X
      TE=(AI+AJ)*X*Y
      PSI=AI*X*X-AJ*Y*Y
      OM=3.*AI*X
      IF(I-1)27,27,29
27    IF(A-2)37,38,38
37    MU=AK20*SIN(G20*PI)**2
      ALA=AK20*SIN(G20*PI*2.)/2.
      DE=AK20*COS(G20*PI)**2
      GO TO 28
38    MU=AK20
      ALA=0.
      DE=AK20
```

```
      GO TO 28
29    AA=AK2(I-1)
      GG=G2(I-1)*PI
      IF(A-2)39,40,40
39    MU=AA*SIN(GG)**2
      ALA=AA*SIN(2.*GG)/2.
      DE=AA*COS(GG)**2
      GO TO 28
40    MU=AA
      ALA=0.
      DE=AA
28    FIT=3.*AI*Y
      R2(1,1,I)=1.-MU*NU-ALA*TE
      R2(1,2,I)=ALA*NU+DE*TE
      R2(1,3,I)=-Y
      R2(1,4,I)=NU
      R2(1,5,I)=-TE
      R2(1,6,I)=-FIT
      R2(2,1,I)=MU*TE-ALA*PSI
      R2(2,2,I)=1.-ALA*TE-DE*PSI
      R2(2,3,I)=X
      R2(2,4,I)=-TE
      R2(2,5,I)=PSI
      R2(2,6,I)=0M
      R2(3,1,I)=MU*FIT+ALA*0M
      R2(3,2,I)=-ALA*FIT-DE*0M
      R2(3,3,I)=1.
      R2(3,4,I)=-FIT
      R2(3,5,I)=0M
      R2(3,6,I)=6.*AI
      R2(4,1,I)=-MU
      R2(4,2,I)=ALA
      R2(4,3,I)=0
      R2(4,4,I)=1.
      R2(4,5,I)=0
      R2(4,6,I)=0
      R2(5,1,I)=ALA
      R2(5,2,I)=-DE
      R2(5,3,I)=0
      R2(5,4,I)=0
      R2(5,5,I)=1.
      R2(5,6,I)=0
      YY=Y-EF2(I)*0.000002*COS(A2(
     I)*PI)
      XX=X-EF2(I)*0.000002*SIN(A2(
     I)*PI)
      R2(6,1,I)=MU*YY*ALA*XX
      R2(6,2,I)=-ALA*YY-DE*XX
      R2(6,3,I)=0
      R2(6,4,I)=-Y
      R2(6,5,I)=X
30    R2(6,6,I)=1.
      DO 31 J=1,6
      DO 31 K=1,6
31    R2CK(J,K)=0.
      R2CK(1,1)=1.
      R2CK(2,2)=1.
      R2CK(3,3)=1.
      R2CK(4,4)=1.
      R2CK(5,5)=1.
      R2CK(6,6)=1.
      R2CK(4,1)=-AK2(N2)*SIN(G2(N2)
     *3.14159/180.)**2
      R2CK(4,2)=AK2(N2)*SIN(2.*G2(N
     2)*3.14159/180.)/2.
      R2CK(5,1)=R2CK(4,2)
      R2CK(5,2)=-AK2(N2)*COS(G2(N2)
     *3.14159/180.)**2
      CALL MMMMM(M12,MM)
      DO 250 I=1,6
      DO 250 J=1,6
250   T1(I,J)=M12(J,I)
      DO 251 I=1,6
251   MB1(I,1)=MB(I)
      CALL GAUSS(MB1,T1)
      DO 140 I=1,6
140   XP(I)=MB1(I,1)
      CALL AMMA3(PP1,PP2,KSS)
      IF(KSS)5,5,275
273   KI=AKI
      IF(N1.NE.1)GO TO 252
      CALL BETON(N1,N2,PP1,PP2,L1,R
     *I,NP,EF1,EF2,A,ND,MR,EB,LNW)
252   IF(-KI)264,400,400
264   CALL ЛИНИЯ(LLL,N1,N2,A1,A2,
     PP1,PP2,ZM1,ZM2,AL1,AL2,C)
      IF(C)300,300,274
300   IF(LLL)267,267,274
274   DO 265 I=1,6
      DO 265 J=1,N1
265   S1(I,J)=S1(I,J)+PP1(I,J)
      S1(I,11)=S1(I,11)+PP1(I,11)
      S2(I,11)=S2(I,11)+PP2(I,11)
      DO 265 J=1,N2
265   S2(I,J)=S2(I,J)+PP2(I,J)
      IF(NI-KI)262,272,272
267   PP=P1(1)*(NI-1)/AKI
      IF(LNW.GT.1)GO TO 405
      WRITE(N11,270)NI,PP
270   FORMAT(4X,25HРАЗРУШЕНИЕ ПРО
     #ЗОШЛО НА,I3,9H ШАГЕ  P=,E8.1)
405   IF(NI-1)275,275,272
272   DO 271 I=1,6
      DO 271 J=1,11
      PP1(I,J)=S1(I,J)
271   PP2(I,J)=S2(I,J)
275   CALL BETON(N1,N2,PP1,PP2,L1
     *,RI,NP,EF1,EF2,A,ND,MR,EB,LNW)
136   CONTINUE
400   CONTINUE
      RETURN
      END
```

ЛИНИЯ

```
      SUBROUTINE ЛИНИЯ(LLL,N1,N2,A
     *1,A2,PP1,PP2,ZM1,ZM2,AL1,AL2,C)
      INTEGER C,ZM1,ZM2
      DIMENSION M1(6),M2(6),XL1(6)
     ,XL2(6),BL1(6),BL2(6),BM1(6),BM2(6)
     *,A1(10),A2(10),PP1(6,11),PP2(
     6,11),ZM1(10),ZM2(10)
     *,YL1(6),YL2(6),AL1(10),AL2(10)
```

```
      J=1
      M1(J)=1
      NN=N1-1
      DO 3 I=1,NN
      IF(ZM1(I))2,2,1
1     M1(J)=M1(J)+1
      GO TO 3
2     M1(J+1)=M1(J)+1
      J=J+1
3     CONTINUE
      L=1
      NN=N2-1
      M2(L)=1
      DO 6 I=1,NN
      IF(ZM2(I))5,5,4
4     M2(L)=M2(L)+1
      GO TO 6
5     M2(L+1)=M2(L)+1
      L=L+1
6     CONTINUE
      PI=3.141593/180.
      KB=0
      DO 11 I=1,J
      KH=KB+1
      KB=M1(I)
      XL1(I)=0.
      YL1(I)=0.
      DO 8 K=KH,KB
      D1=A1(K)*PI
      XL1(I)=XL1(I)+AL1(K)*COS(D1)
8     YL1(I)=YL1(I)+AL1(K)*SIN(D1)
      AA1=SQRT(XL1(I)*XL1(I)+YL1(I
     )*YL1(I))
      BL=XL1(I)/AA1
      CALL ARCSC(XX,YY,BL)
      BL1(I)=YY
      IF(I-1)10,10,9
10    BL=BL+(PP1(1,KB)-PP1(1,1))/
     (100.*AA1)
      GO TO 28
9     NN=KH+1
      BL=BL+(PP1(1,KB)-PP1(1,NN))/
     (100.*AA1)
      IF(BL-1.)28,50,50
50    WRITE(MW1,30)BL
28    CALL ARCSC(XX,YY,BL)
      BM1(I)=YY
      DO 7 K=KH,KB
7     A1(K)=A1(K)+(BM1(I)-BL1(I))/
     PI
11    CONTINUE
      KB=0
      DO 21 I=1,L
      KH=KB+1
      KB=M2(I)
      XL2(I)=0.
      YL2(I)=0.
      DO 18 K=KH,KB
      D1=A2(K)*PI
      XL2(I)=XL2(I)+AL2(K)*COS(D1)
18    YL2(I)=YL2(I)+AL2(K)*SIN(D1)
      AA2=SQRT(XL2(I)*XL2(I)+YL2(I
     )*YL2(I))
      BL=XL2(I)/AA2
      CALL ARCSC(XX,YY,BL)
      BL2(I)=YY
      IF(I-1)20,20,19
20    BL=BL+(PP2(1,KB)-PP2(1,1))/
     (100.*AA2)
      GO TO 29
19    NN=KH-1
      BL=BL+(PP2(1,KB)-PP2(1,NN))/
     (100.*AA2)
29    CALL ARCSC(XX,YY,BL)
      BM2(I)=YY
      DO 17 K=KH,KB
17    A2(K)=A2(K)+(BM2(I)-BL2(I))/
     PI
21    CONTINUE
      DO 100 I=2,N2
100   AL1(I)=SQRT((AL1(I)*COS(A1(I
     )*PI)+(PP1(1,I)-PP1(1,I-1))/100.)**
     2+(AL1(I)*SIN(A1(I)*PI)+(PP1
     (2,I)-PP1(2,I-1))/100.)**2)
      DO 101 I=2,N2
101   AL2(I)=SQRT((AL2(I)*COS(A2(I
     )*PI)+(PP2(1,I)-PP2(1,I-1))/100.)**
     2+(AL2(I)*SIN(A2(I)*PI)+(PP2
     (2,I)-PP2(2,I-1))/100.)**2)
      AL1(1)=SQRT((AL1(1)*COS(A1(1
     )*PI)+(PP1(1,1)-PP1(1,11))/100.)**
     2+(AL1(1)*SIN(A1(1)*PI)+(PP1(
     2,1)-PP1(2,11))/100.)**2)
      AL2(1)=SQRT((AL2(1)*COS(A2(1
     )*PI)+(PP2(1,1)-PP2(1,11))/100.)**
     2+(AL2(1)*SIN(A2(1)*PI)+(PP2(
     2,1)-PP2(2,11))/100.)**2)
      NN=J-1
      DO 12 I=1,NN
      IF(BM1(I+1)-BM1(I))12,22,22
12    CONTINUE
      NN=L-1
      DO 13 I=1,NN
      IF(BM2(I+1)-BM2(I))13,22,22
13    CONTINUE
      IF(BM1(1)-1.570796)14,22,22
14    IF(C)16,16,15
15    IF(BM2(1)-1.570796)16,22,22
16    LLL=1
      GO TO 23
22    LLL=0
30    FORMAT(5X,6F10.3,I5)
23    RETURN
      END
```

AJMA3

```
      SUBROUTINE AJMA3(PP1,PP2,KKK)
      INTEGER A,B,C,ZM1,ZM2
      DIMENSION B1(6,6,10),B2(6,6,1
     0),PP1(6,10),PP2(6,10),BC(6,6),
     *P1(6),P2(6),RP(6),R1(6,6,10),
     *R2(6,6,10),PP1(6,11),PP2(6,11),
     *PR1CK(6,6),PR2CK(6,6),ZM1(10),Z
     M2(10),RB(6),RC(6),PB(6),
     *AM1(10),AA2(10),RR1(10),RR2(1
```

```
      GO TO 106
      GO TO (113,116),KK
112   GO TO (113,116),KK
113   IF(W)116,116,118
116   DO 117 I=1,6
117   MC(I)=PB(I)-PB(6)/M2(6,3,K-
      1)*M2(I,3,K-1)
      MC(3)=0.
      GO TO 110
118   IF(C)116,116,119
119   DO 120 I=1,6
120   MC(I)=PB(I)-PB(6)*M2(I,3,K-
      1)/M2(6,6,K-1)
      MC(3)=0.
      KK=2
      GO TO 110
121   DO 122 I=1,6
122   MC(I)=MM2(I,N2)
      CALL MB(R2CK,MC,PB)
      DO 138 I=1,6
138   MM2(I,N2)=PB(I)
      MM2(4,K)=MM2(4,K)+X2(K)
      MM2(5,K)=MM2(5,K)+Y2(K)
      DO 123 I=1,6
      M12(I,1)=M1(I,1,N1)
123   M12(I,3)=M1(I,5,N1)
      DO 141 I=1,N1
      IF(ZM1(I))124,126,141
141   CONTINUE
      IF(W)124,124,126
124   DO 125 I=1,6
125   M12(I,2)=M1(I,3,N1)
      GO TO 137
126   DO 127 I=1,6
127   M12(I,2)=M1(I,6,N1)
137   N=N2
      IF(C)128,128,131
128   M12(1,4)=M2(2,1,N)-XK*M2(2
      ,4,N)
      M12(2,4)=M2(1,1,N)-XK*M2(1
      ,4,N)
      M12(3,4)=M2(3,1,N)+XK*M2(3
      ,4,N)
      M12(4,4)=-M2(5,1,N)+XK*M2(5,4,N)
      M12(5,4)=-M2(4,1,N)+XK*M2(4,4,N)
      M12(6,4)=-M2(6,1,N)+XK*M2(6,4,N)
      M12(1,5)=M2(2,2,N)-YK*M2(2,5,N)
      M12(2,5)=M2(1,2,N)-YK*M2(1,5,N)
      M12(3,5)=M2(3,2,N)-XK*M2(3,5,N)
      M12(4,5)=-M2(5,2,N)+YK*M2(5,5,N)
      M12(5,5)=-M2(4,2,N)+YK*M2(4,5,N)
      M12(6,5)=-M2(6,2,N)+YK*M2(6,5,N)
129   M12(1,6)=M2(2,3,N)
      M12(2,6)=M2(1,3,N)
      M12(3,6)=M2(3,3,N)
      M12(4,6)=-M2(5,3,N)
      M12(5,6)=-M2(4,3,N)
      M12(6,6)=-M2(6,3,N)
      GO TO 135
131   M12(1,4)=M2(1,1,N)
      M12(2,4)=-M2(2,1,N)
      M12(3,4)=M2(3,1,N)
      M12(4,4)=-M2(4,1,N)
      M12(5,4)=M2(5,1,N)
      M12(6,4)=-M2(6,1,N)
      M12(1,6)=M2(1,5,N)
      M12(2,6)=-M2(2,5,N)
      M12(3,6)=M2(3,5,N)
      M12(4,6)=-M2(4,5,N)
      M12(5,6)=M2(5,5,N)
      M12(6,6)=-M2(6,5,N)
      DO 142 I=1,N2
      IF(ZM2(I))132,132,142
142   CONTINUE
      IF(W)132,132,133
132   M12(1,5)=M2(1,3,N)
      M12(2,5)=-M2(2,3,N)
      M12(3,5)=M2(3,3,N)
      M12(4,5)=-M2(4,3,N)
      M12(5,5)=M2(5,3,N)
      M12(6,5)=-M2(6,3,N)
      GO TO 134
133   M12(1,5)=M2(1,6,N)
      M12(2,5)=-M2(2,6,N)
      M12(3,5)=M2(3,6,N)
      M12(4,5)=-M2(4,6,N)
      M12(5,5)=M2(5,6,N)
      M12(6,5)=-M2(6,6,N)
134   MM(1)=-MM1(1,N1)-MM2(1,N2)
      MB(2)=-MM1(2,N1)+MM2(2,N2)
      MB(3)=-MM1(3,N1)-MM2(3,N2)
      MB(4)=-MM1(4,N1)+MM2(4,N2)
      MB(5)=-MM1(5,N1)-MM2(5,N2)
      MB(6)=-MM1(6,N1)+MM2(6,N2)
      GO TO 136
135   MB(1)=-MM1(1,N1)-MM2(2,N2)
      MB(2)=-MM1(2,N1)-MM2(1,N2)
      MB(3)=-MM1(3,N1)-MM2(3,N2)
      MB(4)=-MM1(4,N1)+MM2(3,N2)
      MB(5)=-MM1(5,N1)+MM2(4,N2)
      MB(6)=-MM1(6,N1)+MM2(6,N2)
140   FORMAT(5X7G14.4)
136   RETURN
      END
```

УМН

```
      SUBROUTINE YMH(TT1,TT2,,T3)
      DIMENSION TT1(6,6),TT2(6,6)
     ,TT3(6,6)
      DO 1 I=1,6
      DO 1 J=1,6
      TT3(I,J)=0.
      DO 1 K=1,6
1     TT3(I,J)=TT3(I,J)+TT1(I,K)*
     TT2(K,J)
      RETURN
      END
```

МВ

```
      SUBROUTINE MB(A,B,C)
      DIMENSION A(6,6),B(6),C(6)
2     DO 2 I=1,6
      C(I)=0.
      DO 3 I=1,6
3     DO 3 K=1,6
      C(I)=C(I)+A(I,K)*B(K)
      RETURN
      END
```

БЕТОН

```
      SUBROUTINE ПЕЧАТ(N1,N2,PP1,PP2,L1,RI
,NP,EF1,EF2,A,ND,
     *MR,EB,LNW)
      INTEGER A
      REAL NS
      DIMENSION PP1(6,11),PP2(6,11)
     *,EF1(10),EF2(10),NP1(11),NP2(11),D1(
11),D2(11),SN1(11),SN2(11)
320   FORMAT(4X,63(1H-))
321   FORMAT(4X,63H:НОМЕР:          Р А С Ч
 Е Т Н Ы Е   П А Р А М Е
     * Т Р Ы          :)
322   FORMAT(4X,7H:      :,55(1H-),1H:)
323   FORMAT(4X,39H:УЗЛА : U(I,M): R(I,M):
 M(I,M): N(I,M):
     *24HNS(I,M): ТОЛЩ  :КОЛ.РАМ:)
324   FORMAT(4X,7H:      :,32H   CM   :  T/M
2 :   TM   :   T   :,
     *24H   T   :   CM   :  P/ПМ :)
325   FORMAT(4X,7H:  0   :,F6.1,2H :,F6.0,2
H :,F6.1,2H :,F6.0,2H :,
     *F6.0,2H :,F6.0,2H :,I6,2H :)
326   FORMAT(4X,1H:,I3,3H  :,F6.1,2H :,F6.
0,2H :,F6.1,2H :,
     *F6.0,2H :,F6.0,2H :,F6.0,2H :,I6,2H
:)
```

```
      IF(LNW.GT.1)GO TO 16
      WRITE(ПЧ1,320)
      WRITE(ПЧ1,321)
      WRITE(ПЧ1,322)
      WRITE(ПЧ1,323)
      WRITE(ПЧ1,322)
      WRITE(ПЧ1,324)
      WRITE(ПЧ1,320)
16    CONTINUE
      NKP=NP
      IF(ND-18)101,102,103
101   HCT=16.
      FAW=20.2
      VX=109.
      DCT=0.5
      VES=14.2
      GO TO 107
102   HCT=18.
      FAW=23.4
      VX=143.
      DCT=0.5
      VES=16.3
      GO TO 107
103   IF(ND-22)104,105,106
104   HCT=20.
      FAW=26.8
      VX=184.
      DCT=0.52
      VES=18.4
      GO TO 107
105   HCT=22.
      FAW=30.6
      VX=232.
      DCT=0.54
      VES=21.
      GO TO 107
106   IF(ND-27)41,42,107
41    HCT=24.
      FAW=34.8
      VX=289.
      DCT=0.56
      VES=24.
      GO TO 107
42    HCT=27.
      FAW=35.2
      VX=308.
      DCT=0.6
      VES=27.7
107   CONTINUE
      IF(A.EQ.0)GO TO 314
      IF(PP1(5,11))314,313,313
313   PP1(6,11)=0.
      PP1(5,11)=0.
314   PM=PP1(4,11)
      PN=PP1(3,11)
      EFF=EF1(1)
      ASSIGN 319 TO LL
      GO TO 10
319   SN1(11)=NS
      D1(11)=D*100.
      NP1(11)=NPS
      IF(LNW.GT.1)GO TO 21
      WRITE(ПЧ1,325)PP1(1,11),
PP1(6,11),PP1(4,11),PP1(3,11)
,SN1(11),
     *D1(11),NP1(11)
21    DO 332 I=1,N1
      IF(A.EQ.0)GO TO 309
      IF(PP1(5,I))309,315,315
315   PP1(6,I)=0.
      PP1(5,I)=0.
309   PM=PP1(4,I)
      PN=PP1(3,I)
      EFF=EF1(I)
      ASSIGN 311 TO LL
      GO TO 10
311   SN1(I)=NS
      D1(I)=D*100.
      NP1(I)=NPS
      IF(LNW.GT.1)GO TO 332
```

```
      WRITE(MW,326)I,PP1(1,I)
     ,PP1(6,I),PP1(4,I),PP1(3,I),S
     N1(I),
     *D1(I),NP1(I)
  332 CONTINUE
      IF(LW.GT.1)GO TO 22
      WRITE(MW,320)
   22 IF(A.EQ.0)GO TO 317
      IF(PP2(5,11))317,316,316
  316 PP2(6,11)=0.
      PP2(5,11)=0.
  317 PM=PP2(4,11)
      PN=PP2(3,11)
      EFF=EF2(11)
      ASSIGN 327 TO LL
      GO TO 10
  327 SN2(11)=NS
      D2(11)=D*100.
      NP2(11)=NPS
      IF(LW.GT.1)GO TO 23
      WRITE(MW,325)PP2(1,11),
     PP2(6,11),PP2(4,11),PP2(3,11),
     SN2(11),
     *D2(11),NP2(11)
   23 DO 336 I=1,N2
      IF(A.EQ.0)GO TO 310
      IF(PP2(5,I))310,318,318
  318 PP2(6,I)=0.
      PP2(5,I)=0.
  310 PM=PP2(4,I)
      PN=PP2(3,I)
      EFF=EF2(I)
      ASSIGN 330 TO LL
      GO TO 10
  330 SN2(I)=NS
      D2(I)=D*100.
      NP2(I)=NPS
      IF(LW.GT.1)GO TO 335
      WRITE(3,326)I,PP2(1,I),P
     P2(6,I),PP2(4,I),PP2(3,I),
     *SN2(I),D2(I),NP2(I)
  335 CONTINUE
      GO TO 336
   10 E1=PM/PN
      E2=ABS(E1)
      E3=100.*E2
      D=EFF/EB
      IF(L1)5,5,2
    2 E4=E2-0.3*D
      NPS=0
      IF(E4)1,1,4
    1 NS=-0.64*RI*D/(1.+2.*E2/D)
      IF(NS.LT.PN) GO TO 11
      D=D+0.1*D
      IF(D.LT.0.6) GO TO 1
      L1=0
      NP=1
      GO TO 16
    4 NS=-1.5*RI*(0.5*B-E2)
      IF(NS.GT.0.) GO TO 200
      IF(NS.LT.PN) GO TO 11
  200 D=D+0.1*D
      IF(D.LT.0.6) GO TO 4
      L1=0
      NP=1
      GO TO 16
    5 IF(PM)13,14,14
   13 RD=HCT/2.
      W11=HCT
      A11=E3*HCT/2.
      GO TO 15
   14 RD=100.*D*HCT/2.
      W11=100.*B
      A11=E3*HCT/2.
   15 A22=NP*DCT
      AR=.01*A22*(MR-RI)/RI
      W1S=50.*RI/(MR*A22)
      W2S=1.17*WX/DCT*2.*RD*(E3*
     RD/2.-50.*D)
      W3S=W2S/(1.+W1S)
      W4S=E3-50.*D
      W4S1=ABS(W4S)
      W4S2=E3-25.*D
      IF(W4S2)6,20,20
   20 XW=-W4S*(W4S1**2.+W3S)**0.5
      XW1=XW/W11
      ARS=XW1*(1.-0.5*XW1)-0.4
      ARSZ=(1.-XW1)*(1.-XW1)
      ARS1=ARS/ARSZ
      IF(AR-ARS1)6,6,7
    7 NXW=0.02+A22*(RD-XW)*(MR/RI-1.)
      NS=-0.01*RI*(XW-NXW)
      IF(NS.GT.0.) GO TO 201
      IF(NS.LT.PN)GO TO 337
  201 NP=NP+1
      IF(NP.EQ.5)GO TO 337
    6 XWS=0.5*PAW*HCT*NP*(MR-RI)
      NS1=40.*RI*W11**2.*XWS
      NS=-NS1/(A11*10000.)
      IF(NS.GT.0.) GO TO 202
      IF(NS.LT.PN)GO TO 337
  202 NP=NP+1
      IF(NP.EQ.5)GO TO 337
      GO TO 15
  337 NPS=NP
      NP=NKP
   11 GO TO LL,(319,311,327,330)
  336 CONTINUE
      IF(LW.GT.1)GO TO 24
      WRITE(MW,320)
   24 NZ=N1-1
      IF(L*.EQ.1)GO TO 340
      DO 300 I=1,NZ
  300 IF(NP.LT.NP1(I))NP=NP1(I)
      NZZ=N2-1
      DO 301 I=1,NZZ
  301 IF(NP.LT.NP2(I))NP=NP2(I)
      EF1(1)=E6*D1(1)/100.
  340 CONTINUE
      RETURN
      END
```

П.4.5. Программа АЛЬФА (АЛЬФА, ГАММА)

АЛЬФА

```
      SUBROUTINE АЛЬФА
      DIMENSION RKT1(10),RKT2(10),SM1(10),S
M2(10),
     *AM1(10),AM2(10),RM1(10),RM2(10),LZ1(1
0),LZ2(10),
     *EJ1(10),EJ2(10),EF1(10),EF2(10),P1(10
),P2(10)
      INTEGER SM1,SM2
      COMMON/E/ LAH,LRR,LW,LC,LT,NN1,NN2,AK
I,FI,Q1,Q2,ALP,
     *RI,WP,ND,MR,EB,RKT1,RKT2,SM1,SM2,AM1,
AM2,RM1,RM2,
     *LZ1,LZ2,EJ1,EJ2,EF1,EF2,DK,DC,DM,LTK,
ROK,ROB,BF,
     *WP,LBA,PK,PN,PB,PM,KP,KBW,BB,UK,UN,UB
,UM,PMINK,
     *PMINN,PMINB,KKP,KB,KM,E,FMB,EM,SC,SW,
FLK,FLB,
     *FLM,CK3,CB3,CM3,LST,LH1,LT,LP,LYC,ROC
,KW,KWM,K_B,
     *QI,QIB,QIM,KPK,KPM,KPB,NIF,NEM,NEB,DEL
,DELM,
     *DELB,FTK,FTM,FTB,V,VM,VB,KH,UHK,UHM,U
HB,LNW
     *,LBAC,CTMTLTB,PB,P1,P2
      COMMON/*/ LBA,LTKB,LBKB,BTB,DKB,VBB,U
HKB,UHBB,UHMB,
     *RK1,RK2,RK3,RK4,FLKB,FLBB,FLMB,KPB,SC
B,SWB,CTB
     *,PM,PKB,LP,WPB,P,F,HG
      REAL LBA,LH1,KH,KKP,KB,KM,KPK,KPM,PB
      WP=WPB
      NP=IFIX(WP)
      LRR=1
      LW=1
      LAH=0
      AKI=1.
      FI=0.
      Q1=0.
      Q2=0.
      D=DK
      ALP=0.
      RI=900.
      MR=17000
      EB=2650000.
      PMAX=AMAX1(PK,PM,PB,PN)          6
      PSS=PMAX/3
      IF(PK.LT.PSS)PK=PSS
      IF(PM.LT.PSS)PM=PSS
      IF(PB.LT.PSS)PB=PSS
      PNB=0.6*PB
      IF(PN.LT.PSS)PN=PSS              5
      P1(1)=PK
      IF(PM-PK/3.)14,14,13
13    P2(1)=PM
      GO TO 7
14    P2(1)=PK/3.
7     DO 6 I=1,10
      SM1(I)=1
      SM2(I)=1                         12
      LZ1(I)=1
      LZ2(I)=1
      EF1(I)=EB*D
      EF2(I)=EB*D
      EJ1(I)=(EB*D**3)/12.
6     EJ2(I)=EJ1(I)
      IF(LTK-2)1,2,3
1     NN1=7
      NN2=6
      LC=0
      CALL OMEGA
      CALL GAMMA(CK3,RK1,E,PEA)
      RKTB=PEA
      CBC=CB3*1.2
      CALL GAMMA(CB3,ROK,E,PEA)
      RKTH=PEA
      DO 4 I=1,4
      AM1(I)=8.4
      RKT1(I)=RKTB
      SM1(I)=RK1
      AM2(I)=90.
      RM2(I)=RK4
      RKT2(I)=0.1*EMB/ROK
      EJ2(I)=2.2*EJ2(I)
      EF2(I)=1.3*EF2(I)
      SM2(I)=0
      DO 5 I=5,7
      AM1(I)=18.77
      RKT1(I)=RKTH
      EJ1(I)=1.5*EJ1(I)
      EF1(I)=1.15*EF1(I)
5     RM1(I)=RK2
      P2(1)=PB*0.9
      P2(2)=PB*0.8
      P2(3)=PB*0.9
      P2(4)=PB
      P1(7)=(PN*1.1*PB)/2.
      IF(KBW.GT.45)GO TO 12
      IF(L*A.GT.15.)GO TO 8
12    P1(2)=PN
      P1(3)=PN*1.05
      P1(4)=P1(3)
      P1(5)=PN*1.1
      P1(6)=PN*1.15
      IF(PB.LT.PN) GO TO 10
      P1(4)=PN*0.2*PB
      P1(5)=PN*0.3*PB
      P1(6)=(PN*PB*0.9)/2
      GO TO 10
8     IF(L*A.GT.25.)GO TO 9            6
      P1(2)=(PK*PN)/2.
      P1(3)=PN
      P1(4)=PN
      P1(5)=PN*1.1
      P1(6)=PN*1.15
      IF(PB.LT.PN) GO TO 10
      P1(4)=PN*0.2*PB
```

```
      P1(5)=PN*0.3+PB
      PT(6)=(PN+PB+0.9)/2
      GO TO 10
    9 IF(L*A.GT.40.)GO TO 11
      PT(2)=PK+(PN-PK)/3.
      PT(3)=(PN+P1(2))/20
      PT(4)=PN+1.05
      PT(5)=PN+1.1
      PT(6)=PN+1.15
      IF(PB.LT.PN) GO TO 10
      IF(PN.LT.PNB)PN=PNB
      PT(4)=PN
      PT(5)=1.2*PN
      PT(6)=1.3*PN
      GO TO 10
   11 PT(2)=PK+(PN-PK)/3.
      PT(3)=(PN+P1(2))/2.
      PT(4)=PN+1.1
      PT(5)=PN+1.15
      PT(6)=PN+1.2
      IF(PB.LT.PN) GO TO 10
      IF(PN.LT.PNB)PN=PNB
      PT(4)=PN
      PT(5)=1.2*PN
      PT(6)=1.3*PN
   10 CALL KPEPM
      GO TO 15
    2 NN1=9
      NN2=4
      LC=1
      CALL OMEGA
      CALL GAMMA(CK3,RK1,E,PEA)
      RKTB=PEA
      CBC=(CK3+CB3)/2.
      CALL GAMMA(CBC,RK2,E,PEA)
      RKTH=PEA
      CALL GAMMA(CM3,RK3,E1,PEA)
      RKTM=PEA
      IF(RK3.GT.R05)RKTM=RKTM+RK3/R05
      DO 16 I=1,3
      AM1(I)=11.22
      RK1(I)=RKTB
   16 RM1(I)=RK1
      AM1(4)=28.16
      AM1(5)=28.16
      RM1(4)=RK2
      RM1(5)=RK2
      RKT1(4)=RKTH
      RKT1(5)=RKTH
      EJ1(4)=1.5*EJ1(4)
      EF1(4)=1.15*EF1(4)
      EJ1(5)=EJ1(5)
      EF1(5)=EF1(5)
      DO 17 I=1,4
      AM1(I+5)=0.
      RM1(I+5)=RK4
      RKT1(I+5)=0.1*EMB/ROK
      EJ1(I+5)=EJ1(I-5)+2.2
      EF1(I+5)=EF1(I-5)+1.3
      SM1(I+5)=0.
      AM2(I)=9.2
      RM2(I)=RK3
   17 RKT2(I)=RKTM
      P2(1)=PM
      P2(2)=PM
      P2(3)=PM-1.05
      P2(4)=PM-1.2
      PT(2)=(PN-PK)/3.+PK
      PT(3)=PN
      PT(4)=PN+1.15
      PT(5)=(PN+1.2*PB)/2.
      PT(6)=PB
      PT(7)=PB+0.8
      PT(8)=PB+0.9
      PT(9)=PB+1.2
      CALL KPEPM
      GO TO 15
    3 IF(LTK-4)18,18,20
   18 CALL OMEGA
      ALP=-ARCTG(0.5*HF/BF)
      BT2=ARCTG(0.5*HF/BF)/2.
      DE2=ARCTG(0.5*HF/BF)/2.
      ALC=(90-57.4*ARCTG(0.5*HF/BF))/5.
      ALP=ALP+57.4
      BT2=BT2+57.4
      DE2=DE2+57.4
      CALL GAMMA(CK3,RK1,E,PEA)
      RKTB=PEA
      CBC=(CK3+CB3)/2.
      CALL GAMMA(CBC,RK2,EM5,PEA)
      RKTH=PEA
      IF(RK.GT.R0K)RKTH=RKTH+RK2/R0K
      CALL GAMMA(CM3,RK3,EM,PEA)
      RKTM=PEA
      IF(RK3.GT.R06)RKTM=RKTM+RK3/R06
      DO 21 I=1,5
      AM1(I)=ALC
      RKT1(I)=RKTB
   21 RM1(I)=RK1
      EJ1(5)=EJ1(5)*1.5
      EF1(5)=EF1(5)*1.15
      IF(KB.GT.45)GO TO 23
      IF(L*A.GT.15.)GO TO 24
   23 PT(2)=PN
      PT(3)=PN+0.9
      PT(4)=PN+0.8
      PT(5)=(PN+0.8+PB)/2.
      IF(PB.LT.PN) GO TO 25
      IF(PN.LT.PNB)PN=PNB
      PT(3)=PK+0.2*PN
      PT(4)=PK+0.3*PN
      GO TO 25
   24 IF(L*A.GT.25.)GO TO 26
      PT(2)=(PK+PN)/2.
      PT(3)=PN
      PT(4)=PN+0.9
      PT(5)=(PN+0.9+PB)/2.
      IF(PB.LT.PN) GO TO 25
      IF(PN.LT.PNB)PN=PNB
      PT(3)=PNB+0.9
```

```
      P1(6)=PNB
      GO TO 25
26    P1(2)=PK
      P1(5)=(PK+PN+0.9)/2.
      P1(4)=PN
      P1(5)=(PN+PB)/2.
      IF(PB.LT.PN) GO TO 25
      IF(PN.LT.PNB)PN=PNB
      P1(3)=PNB
      P1(4)=PNB+1.2
25    IF(LTK-4)19,27,20
19    NN1=5
      NN2=4
      LC=0
      DO 22 I=1,2
      AM2(I)=BT2
      AM2(I+2)=DE2
      RKT2(I)=RKTH
      RKT2(I+2)=RKTH
      RM2(I)=RK2
      EJ2(I)=EJ2(I)*2.2
      EJ2(I+2)=EJ2(I)
      EF2(I)=EF2(I)*1.3
      EF2(I+2)=EF2(I)
22    RM2(I+2)=RK2
      P2(1)=PB+0.9
      P2(2)=PB
      P2(3)=PB
      P2(4)=(P1(5)+PB)/2.
      CALL KPEПИ
      GO TO 15
27    NN1=9
      NN2=4
      LC=1
      AM1(6)=DE2
      AM1(7)=DE2
      AM1(8)=BT2
      AM1(9)=BT2
      DO 28 I=1,6
      RKT1(I+5)=RKTH
      RM1(I+5)=RK2
      EJ1(I+5)=EJ1(I+5)*2.2
      EF1(I+5)=EF1(I+5)*1.3
      AM2(I)=F+57.4/8.
      RKT2(I)=RKTП
      RM2(I)=RK3
28    P1(6)=(P1(5)+PB)/2.
      P1(7)=1.1*PB
      P1(8)=1.2*PB
      IF(PB.GT.PK)P1(9)=1.2*PB
      IF(PB.LT.PK)P1(9)=1.3*PB
      P2(1)=PП
      P2(2)=PП
      P2(3)=PП+1.15
      P2(4)=PП+1.2
      CALL KPEПИ
20    CONTINUE
15    RETURN
      END
```

ГАММА

```
      SUBROUTINE ГАММА(ЗС,R,ЕПМ,РЕА)
      ЗСR=(R+ЗС)/R
      IF(ЗСR.GT.1.1)ЛЯ=0.7
      IF(ЗСR.GT.1.03)ЛЯ=0.2
      IF(ЗСR.GT.1.05)ЛЯ=0.07-0.019*ЗСR
      IF(ЗСR.GT.1.1)ЛЯ=0.03-0.009*ЗСR
      IF(ЗСR.GT.1.2)ЛЯ=0.01
      РЕА=ЛЯ*ЕПМ*0.7/R
      RETURN
      END
```

П.4.6. Программа СМЕТА (СМЕТА, ОМЕГА)

СМЕТА

```
      SUBROUTINE СМЕТА
      DIMENSION SM1(10),SM2(10),LZ1(10),
     *LZ2(10),EF1(10),EF2(10),AM1(10),A
M2(10),
     *RKT1(10),RKT2(10),EJ1(10),EJ2(10),
     *RM1(10),RM2(10),P1(10),P2(10)
      COMMON/E/ LAH,LRR,LШ,LC,LI,NN1,NN
2,AKI,PI,Q1,Q2,ALP,
     *I,NP,ND,MR,EБ,RKT1,RKT2,SM1,SM2,
AM1,AM2,RM1,RM2,
     *LZ1,LZ2,EJ1,EJ2,EF1,EF2,DKB,DC,DП
,LTKB,RQK,RQБ,BГБ,
     *HБ,LФA,PKB,PN,PБ,PП,КГБ,КВШ,ВВ1,U
K,UN,UБ,UП,PMINK,
     *PMINN,PMINБ,XSK,XSБ,XSП,XEK,XEБ,X
EП,SCB,SЧБ,FLKB,FLБB;
     *FLПБ,CK3,CБ3,CП3,LAT,LH1,LT,LP,LY
C,RQC,KЦ,KЦП,KЦБ,
     *I,*IБ,*IП,KPK,KPП,KPБ,ПЕ,ПЕП,ПЕВ
,DEL,DELП;
     *DELБ,FTK,FTП,FTБ,V,VП,VБB,KH,UHKB
,UHПB,UHББ,LNШ;
     *LБA,CTM,LTB,HB,P1,P2
      COMMON/K/ LБAC,LTK,LBK,BГ,DK,VБ,U
HK,UHБ,UHП,
     *RK1,RK2,RK3,RK4,FLK,FLБ,FLП,KГ,SC
,SH,CT
     *,PM,PK,ШР,NП,P,Г,HГ,HS
      DC=1.2*DK
      DП=DK
      HK=BS*(0.03+0.8*UHK)+0.5
      HБ=BS*(0.03+0.8*UHБ)+0.5
      HП=BS*(0.03+0.8*UHП)+0.2
      IF(CK3.GT.0.03) HK=0.
      IF(CБ3.GT.0.03) HБ=0.
      IF(CП3.GT.0.03) HП=0.
      CЦ1=2.8*(HK*(BS*HK)*HБ*(BS*HБ)*HП
*(BS*HП))
      CЦ2=1.6*(HK+HБ+HП)
```

```
      СЦ3=1.95*ВЗ*(НК*НБ*НП)
      СЦ=СЦ1+СЦ2+СЦ3
      SМ=0.38
      IF(LBK.EQ.7)DK=0.
      IF(LBK.EQ.2)DK=0.
      IF(LBK.EQ.5)GO TO 5
      IF(LBK.EQ.6)GO TO 5
      IF(NП-18)9,34,42
9     VES=14.2
      GO TO 55
34    VES=16.3
      GO TO 55
42    IF(NП-22)47,48,49
47    VES=18.4
      GO TO 55
48    VES=21.
      GO TO 55
49    IF(NП-27)53,54,55
53    VES=24.
      GO TO 55
54    VES=27.7
55    CD=0.29*P*VES*ШР
      DNП=NП*0.01
      IF(DK.LT.DNП)DK=DNП+0.03
      СВП=0.29*P*NП*(ШР-1.)
      СБЕ=(125+335*(DK-0.2)+5.
8*(SC-45.))/2.1
      СТБ=SC*(20.8-SC*0.38+14.
8*DK+VБ/2000)
      СП1=SC*(2198-0.324*SC+0.7
*VБ/1000)
      IF(LBK.EQ.7)DK=0.
      IF(LBK.EQ.8)DK=0.
      СП2=SC*(1358+SC*0.406)
      СП4=225+16*(SC-6)
5     СПР=(115.+4.3*(VБ/1000+
0.3)+7.2*(SH-2.))/2.1
      IF(LBK.EQ.1)CT=CTБ/1.3
      IF(LBK.EQ.2)CT=SC*(25.2-
0.37*SC+VБ/2000)/1.3
      IF(LBK.EQ.3)CT=CTБ/1.3+CD
      IF(LBK.EQ.4)CT=CTБ/1.3+CD
      IF(LBK.EQ.5)CT=SC*1373/1.3
      IF(LBK.EQ.6)CT=SC*1173/1.3
      IF(LBK.EQ.7)CT=СП1+СВП
      IF(LBK.EQ.8)CT=СП1+СВП+СЦ
      IF(LBK.EQ.9)CT=CTБ/1.3+CD+C
      IF(LBK.EQ.10)CT=CTБ/1.3+CD+C
      IF(LBK.EQ.11)CT=CTБ+CD+СЦ
      IF(LBAC.EQ.1)GO TO 27
      IF(LBAC.EQ.4)GO TO 28
      CT=CT*1.3
      СПР=СПР*1.3
      IF(LBK.EQ.7)CT=СП2+СВП*1.3
      IF(LBK.EQ.8)CT=СП2+(СВП+СЦ)*1.3
28    CT=CT*2.1
      СПР=СПР*2.1
      IF(LBK.EQ.7)CT=СП4+СВП*2.1
      IF(LBK.EQ.8)CT=СП4+(СВП+СЦ)*2.1
27    IF(LTK-2)66,67,68
66    WRITE(3,69)
69    FORMAT(//2X,24НКРЕПЬ С ПРЯМЫМИ
СТЕНАМИ ,
     *23НОТКРЫТАЯ,КОРОБОВЫЙ СВОД)
      GO TO 51
67    WRITE(3,70)
70    FORMAT(//2X,24НКРЕПЬ С ПРЯМЫМИ
СТЕНАМИ ,
     *24НЗАМКНУТАЯ,КОРОБОВЫЙ СВОД)
      GO TO 51
68    IF(LTK-4)71,72,73
71    WRITE(3,74)
74    FORMAT(//2X,30НКРЕПЬ С КРИВОЛИН
ЕЙНЫМИ СТЕНАМИ,
     *23НОТКРЫТАЯ,ОВАЛЬНАЯ ФОРМА)
      GO TO 51
72    WRITE(ПЧ1,75)
75    FORMAT(//2X,30НКРЕПЬ С КРИВОЛИН
ЕЙНЫМИ СТЕНАМИ,
     *24НЗАМКНУТАЯ,ОВАЛЬНАЯ ФОРМА)
51    IF(LBK-2)10,11,12
10    NП=0
      ШР=0.
      WRITE(ПЧ1,13)
13    FORMAT(2X,43Н      БЕТОННАЯ
СМ   NП=   ШР=    Р/ПМ,
*16Н   СТ=       РУБ/ПМ)
      GO TO 100
11    NП=0
      ШР=0.
      WRITE(ПЧ1,14)
14    FORMAT(2X,43Н ЖЕЛ БЕТ ТЮБИНГИ
СМ   NП=   ШР=    Р/ПМ,
*16Н   СТ=       РУБ/ПМ)
      GO TO 100
12    IF(LBK-4)15,16,17
15    WRITE(ПЧ1,18)
18    FORMAT(2X,43Н ЖЕЛЕЗОБЕТОННАЯ
СМ   NП=   ШР=    Р/ПМ,
*16Н   СТ=       РУБ/ПМ)
      GO TO 100
16    WRITE(ПЧ1,19)
19    FORMAT(2X,43Н ЖЕЛ БЕТ ЗАМКНУТ
СМ   NП=   ШР=    Р/ПМ,
*16Н   СТ=       РУБ/ПМ)
      GO TO 100
17    IF(LBK-6)20,21,22
20    NП=0
      ШР=0.
      WRITE(ПЧ1,23)
23    FORMAT(2X,43Н НАБРЫЗГОБЕТОННАЯ
СМ   NП=   ШР=    Р/ПМ,
*16Н   СТ=       РУБ/ПМ)
      GO TO 100
21    NП=0
      ШР=0.
      DK=0.
      WRITE(ПЧ1,24)
24    FORMAT(2X,43Н АНКЕР С МЕТ СЕТ
СМ   NП=   ШР=    Р/ПМ,
*16Н   СТ=       РУБ/ПМ)
      GO TO 100
22    IF(LBK.EQ.7) WRITE(ПЧ1,25)
      GO TO 63
25    FORMAT(2X,43Н ПОДАТЛИВАЯ СВП
СМ   NП=   ШР=    Р/ПМ,
*16Н   СТ=       РУБ/ПМ)
```

```
63    IF(LBK.EQ.8)WRITE(ПЧ1,44)
      GO TO 64
44    FORMAT(2X,43H  СВП-ЦЕМЕНТАЦИЯ
D=    CM  NП=   ШР=    Р/ПМ,
     *16H  CT=       РУБ/ПМ)
64    IF(LBK.EQ.9)WRITE(ПЧ1,45)
      GO TO 65
45    FORMAT(2X,43H   ЖБ СВ-ЦЕМЕНТ
D=    CM  NП=   ШР=    Р/ПМ,
     *16H  CT=       РУБ/ПМ)
65    IF(LBK.EQ.10)WRITE(ПЧ1,46)
      GO TO 81
46    FORMAT(2X,43H ЖБ ЗАМ-ЦЕМЕНТАЦ
D=    CM  NП=   ШР=    Р/ПМ,
     *16H  CT=       РУБ/ПМ)
81    IF(LBK.EQ.11)WRITE(ПЧ1,80)
      GO TO 100
80    FORMAT(2X,43H БЕТ СВ-ЦЕМЕНТАЦ
D=    CM  NП=   ШР=    Р/ПМ,
     *16H  CT=       РУБ/ПМ)
100   AK=DK*100
      WRITE(ПЧ1,26)AK,NП,ШР,CT
26    FORMAT(1H-,20X,F3.0,8X,I2,4X,F
3.1,9X,F5.0)
      WRITE(ПЧ1,50)SC,SЧ,P
50    FORMAT(2X,16HСЕЧЕНИЕ В СВЕТУ ,
F4.1,11HM2, ВЧЕРНЕ ,
     *F4.1,13HM2, ПЕРИМЕТР ,F4.1,1X,
1HM)
      WRITE(3,52)HK,HП,HБ
52    FORMAT(2X,28HГЛУБИНА ЦЕМЕНТАЦИ
И В КРОРЛЕ ,
     *F3.1,11HM, В ПОЧВЕ ,F3.1,11HM,
 В БОКАХ ,F3.1,1HM,/)
73    CONTINUE
61    FORMAT(10X,19HСТОИМОСТЬ ПРОХОД
КИ ,F4.0,1X,6HРУБ/ПМ)
      RETURN
      END
```

ОМЕГА

```
      SUBROUTINE ОМЕГА
      COMMON/W/ LBAC,LTK,LBK,BГ,DK
,VБ,UHK,UHБ,UHП,
     *RK1,RK2,RK3,RK4,FLK,FLБ,FLП,
KГ,SC,SЧ,CT
     *,PM,PK,ШР,NP,P,Г,HГ,BS
      IF(LTK.LE.2)GO TO 1
      C1=ARCTG(0.5*HГ/BГ)
      C2=SIN(C1)
      RK1=(0.5*HГ/C2)*0.5*DK/2.
      RK2=0.5*HГ/C2+DK/2.
      C5=C2*0.2/(RK2-DK/2.)
      C6=C5**2.
      C7=SQRT(1.-C6)
      C8=3.14-2.*C1
      C9=3.14-C8*2.*(ARCTG(C5/C7))
      A1=SIN(1.57-C1)
      A2=COS(1.57-C1)
      C10=0.5*((RK1-DK/2.)**2.*C8*
(RK2-DK/2.)**2.*C9)
      B1=2.*((RK1-RK2)*A1+(RK2-DK/
2.)*C7)
      П=(RK2-DK/2.)**2.-(0.5*BГ-(R
K1-RK2)*A1)**2.
      HCT=HГ-SQRT(П)
      BC=B1*DK
      H0=HCT-(RK1-RK2)*A2
      H1=(H0+0.2)*(A1/A2)
      H2=(H0+0.2)**2.*(A1/A2)
      C11=(HCT-0.2)*(0.5*B1-H1)-H2
      RK3=0.78*B1*DK/2.
      Г=2.*ARCTG(B1/SQRT(4.*RK3**2
.-B1**2.))
      SГ=SIN(Г)
      CГ=COS(Г/2.)
      SC1=C10+C11
      SC2=0.5*((RK3-DK/2.)**2.)*(Г
-SГ)
      C12=0.5*((RK1+DK/2.+UHK)**2
.*C8+(RK2+DK/2.+UHБ)**2.*C9)
      C13=((DK+UHБ)**2.)*(C5/C7)
      SЧ1=C12+C11-C13
      SЧ2=0.5*((RK3+DK/2.+UHП)**2
.)*(Г-SГ)
      SЧ3=(CГ*(DK+UHБ)**2.)/C7
      BS=2.*((RK1-RK2)*A1+(RK2-DK
/2.))
      IF(LTK.EQ.4)GO TO 2
      SC=SC1
      SЧ=SЧ1
      P=RK2*(3.14-C8)*RK1*C8*2.*R
K2*(ARCTG(C5/C7))
      FLK=0.5
      FLБ=0.3
      GO TO 4
2     SC=SC1+SC2
      SЧ=SЧ1+SЧ2+SЧ3
      P1=RK1*C8*RK2*C9+RK3*Г
      P2=2.*DK*SIN(0.5*(3.14-Г)-A
RCTG(C5/C7))
      P=P1-P2
      FLK=0.5
      FLБ=0.3
      FLП=0.18
      GO TO 4
1     RK1=0.7005*BГ+DK/2.
      RK2=0.2653*BГ+DK/2.
      RK4=(HГ-BГ+0.062)/4.
      C1=(RK1-RK2)*0.556
      B1=2.*(C1*RK2-DK/2.)
      HCT=HГ-SQRT((RK2-DK/2.)**2.
-(0.5*BГ-C1)**2.)
      H0=HCT-(RK1-RK2)*0.832
      BC=B1*DK
      C2=B1*(HCT+0.2)-0.46*(RK1-R
K2)**2.
      C3=0.5*((RK1-DK/2.)**2.*1.1
7+(RK2-DK/2.)**2.*1.97)
      RK3=0.834*B1*DK/2.
      Г=2.*ARCTG(B1/SQRT(4.*RK1**
2.-B1**2.))
```

```
      SF=SIN(F)
      CF=COS(F/2.)
      SSF=SIN(F/2.)
      SC1=C3*C2
      SC2=0.5*((RK3-DK/2.)**2.)*(
F-SF)
      B2=B1+2.*DK+2.*UHb
      C4=B2*(HCT+0.2)-0.46*(RK1+U
*K-RK2-UHB)**2.
      C5=0.5*((RK1-DK/2.)+UHK)**2.
*1.1/*(RK2-DK/2.+UHB)**2.*1.97)
      SH1=C5+C4
      SH2=0.5*((RK3-DK/2.+UHП)**2
.)*(F-SF)
      SH3=(B2-(DK+UHB)+(1.-SSF))*
(DK+UHП)*CF
      BS=B1
      IF(LTK.EQ.2)GO TO 3
      SC=SC1
      SH=SH1
      P=2.*HCT+RK1*1.17+RK2*1.97+
1.15
      ALK=0.5
      ALB=0.2
      GO TO 4
3     SC=SC1+SC2
      SH=SH1+SH2+SH3
      P1=2.*(HCT+0.2)+RK2*1.97+RK1
*1.17
      P2=RK3*F+2.*DK*SIN((3.14-F)
/4.)
      P=P1+P2
      ALK=0.5
      ALB=0.2
      ALП=0.17
      CONTINUE
      RETURN
      END
```

Приложение 5

ТЕКСТ ПРОГРАММЫ ОПТИМ

```
      DIMENSION IW(7,10),E1(7,10),E2
(7,10),AKП(7),
     *EE(7,10),AM2(7),AMS(7),ALPH(7)
,VIVH(7),SIGM(7,10),
     *LRKB(7),S(7),P(7),KMP(7),PK(7)
,PП(7),C6(7)
      READ(1,1)NN,IB,L,IAF,IO,M,W,N
1     FORMAT(I1,I1,I3,I7,I3,I1,F5.1,
I2)
      READ(1,2)(LRKB(I),S(I),P(I)
,KMP(I),PK(I),
     *PП(I),C6(I),I=1,NN)
2     FORMAT(I2,2F4.1,I4,2F6.2,F6.1)
      SS=S(1)
      IF(SS-10.)3,4,4
3     CП=10.57
      GO TO 5
4     CП=55.46
5     IF(IB-3)20,21,22
20    AKF=0.60
      GO TO 23
21    AKF=0.75
      GO TO 23
22    AKF=0.50
23    DO 6 J=1,4
      DO 6 I=1,7
      IW(I,J)=500
6     CONTINUE
      DO 7 I=3,7
      IW(I,3)=250
7     CONTINUE
      DO 8 I=1,7
      IW(I,6)=300
      IW(I,9)=200
      IW(I,5)=150
      IW(I,6)=100
8     CONTINUE
      DATA IW(1,3),IW(2,3)/2*200/,
IW(1,7),
     *IW(1,8)/2*20/,IW(2,7),IW(4,7
)/2*25/,
     *IW(3,7),IW(4,8)/2*30/,
     *IW(3,8)/35/,IW(2,8)/40/,
     *IW(5,7),IW(6,7),IW(7,7)/3*50
/,IW(5,8),
     *IW(6,8),IW(7,8)/3*60/
      DATA E1(2,9),E2(2,9),E1(3,1)
,E1(3,9),E2(3,9),
     *E1(4,1),E2(4,1),E1(5,9),E1(6
,9),E1(7,9),E2(7,9)/
     *11*0.10/,E1(1,1),E2(1,1),E1(
1,9),E2(1,9),
     *E2(7,1)/5*0.15/,E1(1,2),E2(1
,2),E1(4,3),
     *E1(5,1),E1(5,2),E1(6,1),E1(6
,2)/7*0.20/,
     *E2(4,3),E2(6,1)/2*0.25/,E1(3
,3),E2(3,3),
     *E1(4,5),E1(4,6),E1(4,8),E2(5
,1),E2(5,2),E2(6,2)/
     *8*0.30/,E2(4,5),E2(4,8)/2*0.
35/,E1(1,3),
     *E2(1,3),E1(2,3),E2(2,3),E1(3
,3),E1(3,6),E2(4,6),
     *E1(7,6),E2(7,3)/8*0.40/,E1(1
,4)/0.45/,E2(1,4),
     *E2(3,5),E2(3,6),E1(5,4),E1(6
,4),E1(7,6)/6*0.50/,
     *E2(1,5),E1(1,6),E2(1,8),E2(2
,5),E1(2,6),E1(7,5),
     *E2(7,5),E2(7,6),E1(7,8),E2(7
,8)/10*0.60/,E1(1,5),
     *E2(1,6),E1(1,8),E1(2,3),E2(2
,6)/5*0.65/
      DATA E1(2,8),E1(3,8),E1(6,5)
,E1(6,6),E1(6,8)/
     *5*0.70/,E1(5,5),E1(5,6),E1(5
,8)/3*0.75/,E2(2,8),
     *E2(3,8),E2(6,4),E1(7,7)/4*0.
80/,E2(7,7)/0.85/,
     *E1(3,7),E1(4,7),E2(5,4)/3*0.
90/,E2(6,5),E2(6,8)/
     *2*0.95/,E2(5,8),E2(5,5)/2*1.
```

```
00/,E2(3,7),
     *E2(4,7),E2(6,6)/3*1.10/,E2
(5,6)/1.15/,
     *E1(2,2),E2(2,2),E1(3,2),E2
(3,2),E1(4,2),E2(4,2),
     *E1(7,2),E2(7,2),E1(5,3),E2
(5,3),E1(6,3),E2(6,3),
     *E1(2,4),E2(2,4),E1(3,4),E2
(3,4),E1(4,4),E2(4,4),
     *E1(7,4),E2(7,4),E1(1,7),E2
(1,7),E1(2,7),E2(2,7),
     *E1(5,7),E2(5,7),E1(6,7),E2
(6,7),E1(4,9),
     *E2(4,9)/30*8.00/
      DATA E1(2,1),E2(2,1),E2(3,
1),E2(5,8),
     *E2(6,9),E1(7,1)/6*0.15/
      IF(SS-10.)24,25,25
24    DO 26 I=1,7
      DO 26 J=1,9
      EE(I,J)=E1(I,J)
26    CONTINUE
25    DO 27 I=1,7
      DO 27 J=1,9
      EE(I,J)=E2(I,J)
27    CONTINUE
28    DO 47 II=1,NN
      KK=LBKB(II)
      IF(LBKB(II)-7)30,31,30
30    ALPH(II)=0.0005
      GO TO 32
31    ALPH(II)=0.0020
32    IF(LBKB(II)-5)35,34,35
35    VIVH(II)=1.0
      GO TO 38
34    VIVH(II)=1.2
      GO TO 38
35    IF(LBKB(II)-7)36,37,37
36    VIVH(II)=1.2
      GO TO 38
37    VIVH(II)=1.1
38    DO 47 J=1,9
      IF(EE(KK,J)-8.)138,139,139
139   SIGM(II,J)=0
      GO TO 47
138   AKП(II)=KПР(II)*1.344*2.0/
(0.4+0.6*VIVH(II))
      IF(M-1)41,42,42
41    AM2(II)=0.
      GO TO 43
42    AM2(II)=1.33*ALPH(II)*P(II
)*L*10**3/S(II)**3
      IF(J-8)43,43,145
145   IF(L/(12.*(1.-A*P))*((1.-P
П(II))/200.)-N)44,145,145
43    IF(L/(12.*(1.-A*P))*((1.-P
K(II))/Iw(KK,J)+
     *(1.-PП(II))/200.)-N)44,45,
45
44    AMS(II)=0.
      GO TO 46
145   AMS(II)=IAГ*ш*(AKГ-(1.-L/(
12.*N)*(1.-PП(II))/200.))
      SIGM(II,J)=(5*AKП(II)*L/10
0.+AM2(II)*(1.-PП(II))*
     *L+CП*1.344*1.37*AMS(II)*C0
(II)*L+0.1*AKП(II)*L)/1000.
      GO TO 47
45    AMS(II)=IAГ*ш*(AKГ*(1.-L/(
12.*N)*
     *((1.-PK(II))/Iw(KK,J)*(1.-
PП(II))/200.)))
46    SIGM(II,J)=(5*AKП(II)*L/10
0.+AM2(II)*(1.-PK(II))*
     *L*EE(KK,J)*KПР(II)*1.344*1
.3/*(1.-PП(II))*L*CП+
     *1.344*1.37*AMS(II)*C0(II)*
L+0.1*AKП(II)*L)/1000.
47    CONTINUE
      WRITE(3,49)
49    FORMAT(/////25X,34HПРИВЕДЕН
НЫЕ ЗАТРАТЫ  ТЫСРУБ / ГОД//
     *99(1H=)/9X,1H:,14X,2HВИДЫ
  ВОССТАНОВЛЕНИЯ  КРЕПИ/
     *9X,1H:,89(1H-)/9X,1H:,21X,
14HВИДЫ  УСИЛЕНИЯ,24X,
     *1H:,5X,13HПЕРЕКРЕПЛЕНИЕ,5X
,1H:/10H ВАРИАНТ :,79(1H-),1H:/
     *2(9X,1H:),72(10H НАБРЯЗГ :),9X,11H
:  БЕТОН  :,
     *10H ШЛЗВЕБ  :,2(9X,1H:),4H ПОДДАР
КА/9X,1H:,
     *10H  АНКЕР  :,2(10H  БЕТОН  :),10
H  СВП  :,
     *10H+ТАМПОНА:,10HОБРАТНОГО:,10H
ЗАМКН  :,10H НЕЗАМКН :,
     *79(  ПОЧВЫ/3(9X,1H:),10H+ТАМПОНА:
,9X,1H:,9X,11H:  СНСДА  :,
     *2(9X,1H:)/99(1H=)//)
      DO 50 I=1,NN
      WRITE(3,48)I,(SIGM(I,J),J=1,9)
48    FORMAT(4X,I1,4X,9(3X,F5.1,2X)/)
50    CONTINUE
      WRITE(3,51)
51    FORMAT(/99(1H=)///)
      WRITE(3,200)((E1(I,J),J=1,9),I=1,
7)
      WRITE(3,200)((E2(I,J),J=1,9),I=1,
7)
200   FORMAT(9(2X,F4.2))
      WRITE(3,201)((IW(I,J),J=1,9),I=1,
7)
201   FORMAT(9(2X,I5))
      END
```

О Г Л А В Л Е Н И Е

ВВЕДЕНИЕ 3

I. ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАПИТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ НЕДРА 6

2. ИНСТРУКЦИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАПИТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК НЕДРА 7

3. ИНСТРУКЦИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПРОГРАММЫ ОПТИМ ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ КРЕПИ I5

Приложение I. Примеры расчета 20

П.I.I. Расчет одиночной выработки 20

П.I.2. Расчет камеры 2I

П.I.3. Расчет сопряжения 25

П.I.4. Выбор оптимальной крепи 30

Приложение 2. Геомеханические основы и алгоритмы системы НЕДРА 37

П.2.I. Программа НЕДРА 37

П.2.2. Программа ШТРЕК 49

П.2.3. Программа ВЫБОР 64

П.2.4. Программа АЛЬФА 66

П.2.5. Программа КРЕПИ 68

П.2.6. Программа СМЕТА 77

Приложение 3. Алгоритм программы ОПТИМ 82

Приложение 4. Тексты программ автоматизированной системы проектирования капитальных горных выработок 84

П.4.I. Программа НЕДРА (НЕДРА, СИГМА) 84

П.4.2. Программа ШТРЕК (ШТРЕК, ВРЕМЯ, ОТПОР) 90

П.4.3. Программа ВЫБОР (ВЫБОР, НОМЕР) 97

П.4.4. Программа КРЕПИ (КРЕПИ, ЛИНИЯ, АЛМАЗ, ППППП, УМН, МВ, БЕТОН) I02

П.4.5. Программа АЛЬФА (АЛЬФА, ГАММА) II5

П.4.6. Программа СМЕТА (СМЕТА, ОМЕГА) II7

Приложение 5. Текст программы ОПТИМ I20

С о с т а в и т е л и:

От ВНИМИ:

Б. З. Амусин (введение, разделы I-3, прил. I-5); К. А. Ардашев (введение, раздел I, прил. 2); Ю. М. Басинский (введение, раздел I, П.2.3); Е. А. Иванов (П.2.3); О. А. Иванова (П.2.6); Л. Ю. Белозерцева (П.2.6); Н. Н. Карелин (П.2.I., П.4.I); В. В. Комиссаров (П.2.3); Ю. П. Коренной (П.2.3, П.2.6); В. А. Коршунов (раздел 3, П.I.4, П.4.5, прил. 5); В. Ф. Кошелев (П.2.2, П.4.2); М. П. Морозов (П.I.I-П.I.3, П.2.3); Г. П. Пискунова (разделы 2, 3, прил. I-4); Е. С. Рогов (П.2.3); Н. А. Романова (П.4.4); В. Г. Череменский (П.2.I, П.4.I)

От ЛГИ:

Н. С. Булычев (П.2.5)

От Донгипрошахта:

А. П. Пастухов (раздел 3, П.I.4, прил. 3)

Редактор В. Д. Вакуленко
Техн. редактор А. Г. Образцова
Подписано к печати I6/IУ-79 г. М-25621
Формат бумаги 60x90/I6. Объем 8 п. л. Тираж 200.
Печатный цех ВНИМИ. Заказ 29. Бесплатно.

УДК 622.831.24:681.3

Рекомендации по автоматизированному проектированию капитальных горных выработок. Л., 1979, с. 124 (М-во угольной пром-сти СССР. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т горн. геомех. и маркшейд. дела)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ШАХТА, КАПИТАЛЬНЫЕ ВЫРАБОТКИ, ПРОЯВЛЕНИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ, РАСЧЕТ КРЕПИ, СТОИМОСТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Разработана система автоматизированного проектирования капитальных выработок НЕДРА, с помощью которой по заданной геологической колонке, координатам и параметрам выработки в автоматическом режиме производится оценка ее устойчивости, выбор типов крепи по длине выработки и оценка стоимостных параметров сооружения и крепления.

Выбор однотипной крепи на участке выработки производится с привлечением программы ОПТИМ.

Приведены инструкции к программам НЕДРА, ОПТИМ, примеры расчета параметров крепи (на участках одиночных выработок, сопряжений и в камерах), алгоритмы и тексты программ на языке ФОРТРАН-IУ.

Ил. 10, табл. 38.

gost.e-ecolog.ru