

Kakim M. Beysembayev,
dozent

Santaj S. Zhetessov,
professor;

Nurlan S. Malybayev,
head of the department;

Mahambet N. Shmanov,
dozent;

Gulnur B. Abdugaliyeva,
senior teacher;

Gulnara S. Zholdybayeva,
senior teacher,
Karaganda state Technical University

Perfecting principles of “Support–Country” System Design

Key words: *program, powered support, non-stationarity, stress loading*

Annotation: *Batch control in breakage faces is to be based on the program systems of the main and additional models including the design of the support stress loading, dynamic transitions of the non-stationary system of the mass and support interaction from one state to another. There must be taken into consideration the forming of a wide open area near the breakage heading. In this case in the system there can emerge oscillations or failure and shape changing that are reflected in the support elements. Therefore we can speak of the “support–country” system stress loading and characteristic features of the force distribution in the support elements that is displaced with the country approaching. At this there emerge especially unfavorable mutual positions of the roofing units, walls, lemniscate mechanism levers causing loading acute increase. The state when these positions match the shape changing of the “support–country” system is especially dangerous and requires the program defining. Besides, the development lava method safety can be increased owing to the supporting with technological pillars.*

1. Постановка задачи. Возможности эффективного управления массивом с теоретических позиций подвергаются сомнениям, хотя практика доказывает обратное. Это объясняется тем, что современные принципы исходят из статических, одномоментных моделей взаимодействий протекающих в недрах, сводящихся к обрушениям основной кровли, когда фактически рассматривается единичное, одномоментное «фото» состояния, хотя оно непрерывно изменяется количественно и качественно, приводя в частности к зональной дизентеграции пород в виде повторяющихся вокруг выработки «виртуальных» контуров дискретно удаляющихся от

выработки (1-3) , бифуркациям и колебаниям системы. Последовательное накопление повреждений в сложной системе, сопровождающиеся изменением напряжений с освобождением от жестких связей способны вызвать колебания, формоизменения с разрушением. Оно чаще всего проявляется в отслоениях и поперечном обломе слоёв и растрескивании пласта. Существенное влияние на сближения пород оказывает механизированная крепь, которая воспринимает циклические сжимающие и сдвигающие нагрузки. Применение лемнискатного механизма подвижно соединяющего кровельную балку, ограждение и основание секций крепи существенно улучшило их работу. Однако специфичность работы рычагов лемнискатного механизма вызывает особо неблагоприятное взаимоположение узлов крепи и резкое возрастание нагрузки. Реально в системах управления механизированными крепями состояние пород и пласта не учитываются, что снижает приспособляемость крепи в автоматизированных режимах работы. Уровень безопасности работ оценивается оператором, осматривающего забой перед моментом подключения к автоуправлению части лавы. Однако потери производительности значительны, это снижает суточную добычу, и в целом конкурентоспособность подземной способа добычи угля. Методики для расчёта систем управления кровлей, которую можно было бы использовать для расчёта параметров подвигания работ несовершенны и они не используют режимы обратной связи между машинами и средой.

2. Схемы воздействия на кровлю. Анализ воздействия крепи на массив для лавной или камерной выемки может быть сведён к трём основным схемам две из которых на рис.1. и осуществляются на практике на основе крепи на рис. 2. расчёт усилий в узлах которой на рис. 3. Имеется и промежуточная схема, когда практически трещин изгиба не возникает и устойчивость пород над забоем определяются трещинами давления и задача для крепи сводится к правильному распределению распора $P(x)$. В случае "А" для управления трещиной изгиба важны значение равнодействующей усилия распора кровли "Р" и величина плеча силы "L". В случае "В", что бы удержать кровлю от разрушения по трещинам давления, возникающих с шагом "b" важен характер распределения нагрузки $P(x)$ вдоль кровельной балки, но следует учесть и разрушение консоли от изгиба, которая обычно возникает в глубине пласта и тогда суммарная величина распора крепи тоже важна. Для реализации управления по схеме "А" необходимо учитывать действия слоёв пород на крепь и пласт и вокруг выработки, и влияние обширного выработанного пространства (4 -6). Для схемы "В" необходимо понять особенности формирования системных трещин, определяющих формирование блоков и их взаимодействие. Следует выявить закономерности распределения нагрузок $P(x)$ между кровлей и кровельной балкой. Имеется методика оптимизации распределения нагрузки вдоль кровли за счет подбора сопротивления и нагрузки гидроцилиндров. Но чаще всего необходимо учитывать оба фактора, учитывая расчет состояния массива боковых пород и характер нагруженности по линии взаимодействия. При неоптимальном $P(x)$ сечение слоя кровли будет ослабляться за счёт вывалов пород по трещинам, следовательно, возможности управления по схеме «А» уменьшатся.

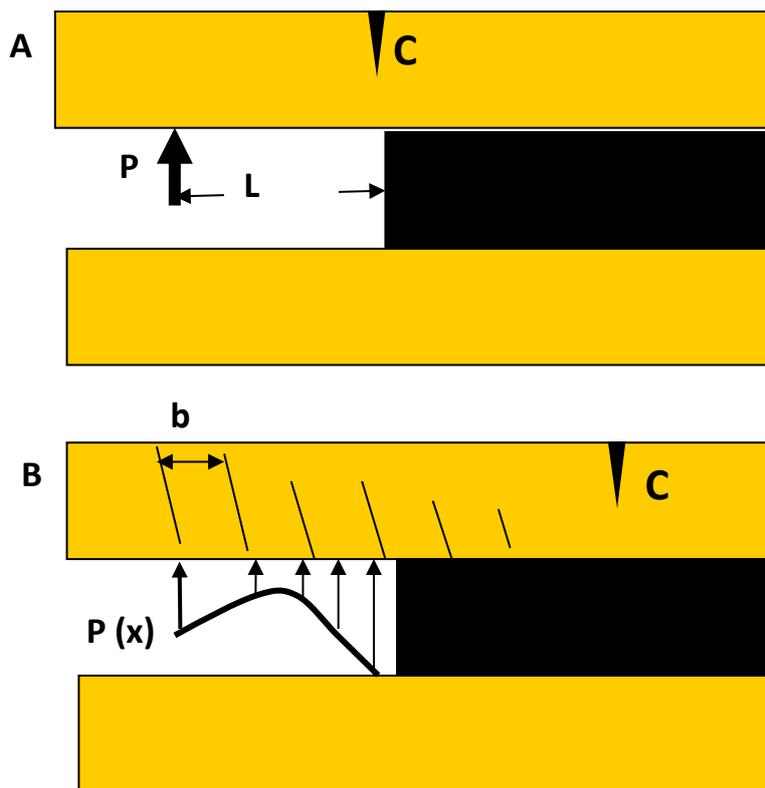


Рис. 1 - Механизмы управления кровлей:

а - удержание консоли пород от возникновения трещины изгиба **C** распором крепи **P**; б - удержание от смещения блоков, возникающих от трещин давления кратных захвату комбайна **B** распором крепи **P(x)**; и сохранением возможности возникновения трещины изгиба **C**

положение занимает щит стенки забоя. Необходимая же реакции сопротивления в этой зоне достигается за счет распора гидроцилиндров козырька. В таких условиях без наличия управляющих программных блоков расчёта нагруженности крепи, напряженного состояния боковых пород и усилий в узлах крепи возможно достижение крайне опасных состояний секций.

Создается опасная ситуация опрокидывания крепи на забой и трещинообразования кровли над забоем. А с учетом возможности локализации давления на пласт и крепь за счёт

бифуркаций (2-6) в этой зоне тяжелые аварии не исключены. Их вероятность с учетом высокого сопротивления гидростоек не высока, но последствия длительны по срокам и тяжелы в целом для шахты. Для крепи М-144, использовавшейся на ш. Саранская, конструктивная схема «2+1» предусматривает 3 гидростойки, две из которых установлены по фронту забоя в передней части, одна в завальной. Проход для персонала имеется с обеих сторон, однако эффективно поддерживать кровлю из-за малых возможностей перераспределения контактной нагрузки вдоль кровли затруднительно. Из-за близкого расположения равнодействующей сопротивления к стенке забоя момент сопротивления, развиваемый крепью для регулирования облома породных консолей недостаточен. При интенсивных осадках кровли завальная часть крепи мало защищена и вероятность её аварий не меньше чем в секциях Glinik, хотя

3. Конструктивная реализация. Конечно факт того, что распорное усилие надо располагать подале от забоя, кажется парадоксальным и существует мнение, что гидростойки крепи (если речь идёт о лавной выемке) должны быть поближе к забою, рис. 2. Но реальность такова, что, например, для крепи Glinik, пролёт пород кровли от забоя до ближней гидростойки достигает 5 м, в то время как завальная часть крепи длиной L в 2 и более раз меньше (ш. им. Кузембаева) и здесь нахождение персонала практически не возможно. Это происходит из-за того, что козырёк находится в выдвинутом состоянии, а иногда предельное верхнее

завальная гидростойка, опёрта в основание (у Glinik она связывает ограждения и перекрытие). К недостаткам работы M-144 можно отнести отсутствие средств компьютерного управления. В Glinik оно имеется, но отсутствуют программы контроля нагруженности крепи и массива. Режимом работы завальной гидростойки трудно управлять, в то время как её нагруженность может быть самой различной по величине и по знаку, завися и от положения траверс лемнискаты. Нами на основе (3), (5) и технологии программного пакета ADAMS были проведены расчёты аналогичной конструкции, где выявлены максимальные режимы нагружения и было рекомендовано не допускать пересечения МЦВ лемнискатного механизма с линией перекрытия крепи, рис. 3. Работу таких устройств эффективно контролировать при наличии в системе управления программы прогнозирования нагрузок в крепи, а также с учётом реальных нагрузок по показаниям датчиков поступающих от силовых гидроцилиндров. При этом не допускаются углы перекрытия и ограждения вызывающие пересечения МЦВ с линией перекрытия, что предложено для систем управления фирмы MARCO и реализуется на основе показаний гравитационных датчиков. На нагруженность элементов крепи оказывает сильное влияние и особенности осадки секции по шарнирам соединяющим козырёк и перекрытие, перекрытие и ограждения. Анализ позволяет выдвинуть 3-х стоечную схему, когда две гидростойки установлены «во фронт» в завальной части, схема «1+2». Такое решение использовалось ранее в советской крепи ЗМК на ш. им. Костенко, в конце 70 годов, где в ряде случаев была достигнута высокопроизводительная добыча. Наши расчёты в соответствии с (4, 5) показали, что

управляемость консолью пород в этом случае повышается.

Заметим, что необходимый закон распределения сопротивлений $P(x)$ кроме моделей (5) основанных на вероятностно-статистическом контактировании вычисляется и за счёт дополнительной модели конечно-элементного анализа в рамках контактной задачи на основе программного пакета ADAMS.

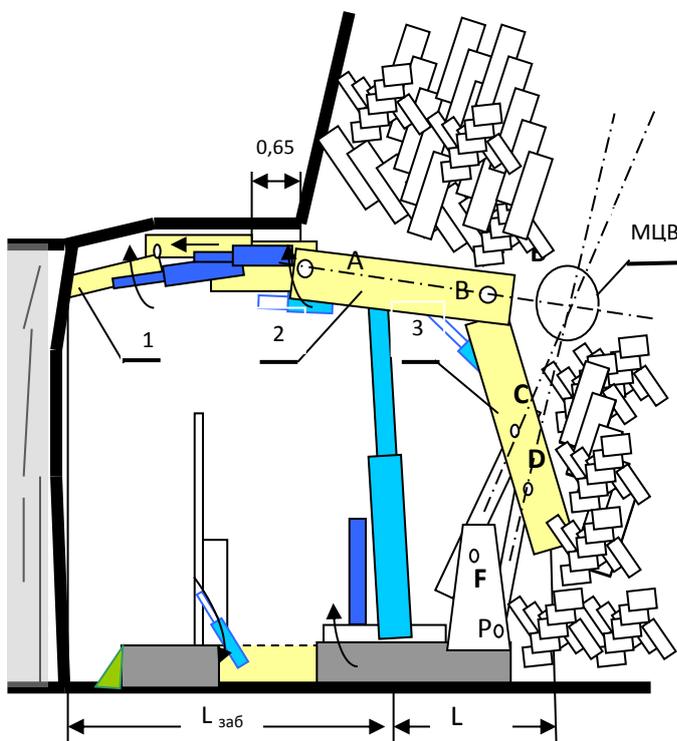
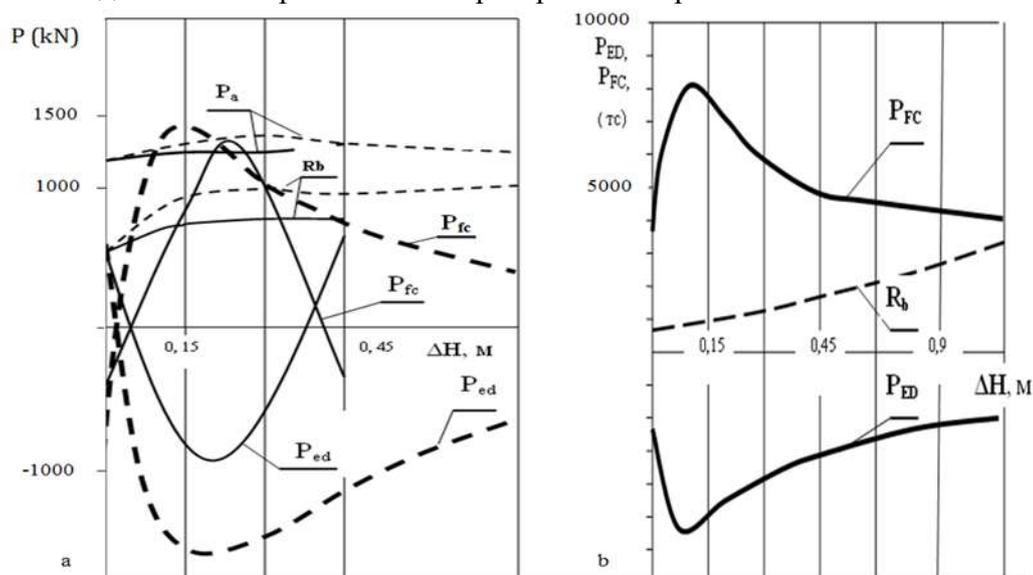


Рис. 2 Положение элементов крепи типа Glinik: 1 - щит стенки забоя; 2 - перекрытие; 3 - ограждение; А, В, С, D, F, P - шарниры соединений, МЦВ - мгновенный центр вращения.

4. Учёт динамики выработанного пространства и расчётная схема.



На рис. 4 представлены некоторые элементы расчетной схемы. Достаточно точных методов решения поставленных задач с учётом бифуркаций, многослоистости боковых пород и пласта, сложного контура обрушения не существует, поэтому применено последовательное статическое приближение (4-7). Главным условием её создания было обеспечение идентификации геомеханических процессов. В схеме должны быть заложены элементы перехода на новые технологии добычи реализующие принцип комплексного использования минеральных ресурсов с камерной выемкой. Поэтому в расчётной схеме необходимо учитывать распор крепи и особенности чередующихся целиков, которые могут вводиться или выводиться из расчёта. Выработанное пространство по мере ведения горных работ меняет свою конфигурацию, а пласт деформационные свойства (2). В случае посадки (разрушения) в этой зоне нескольких целиков пространство над ними обрушается и протекают процессы сводообразования. Особенно изменчива призабойная часть пласта и в соответствии с (2-3) она разбивается на ряд элементов физикомеханические характеристики которых зависят от свойств угля, геометрии и нагруженности забоя. На схеме два целика со стороны выработанного пространства сужены на 50 %. Любой из пролетов может находится под воздействием крепи. При этом имеются зависимости определяющие параметры свода. Обычно возможны две ситуации, когда:

- высота свода достигает равновесного состояния (далее не возрастает) из-за хорошей обрушаемости пород в своде и подбучивания его вершины, когда из-за разрыхления куски породы заполняют полость и подпирают свод.

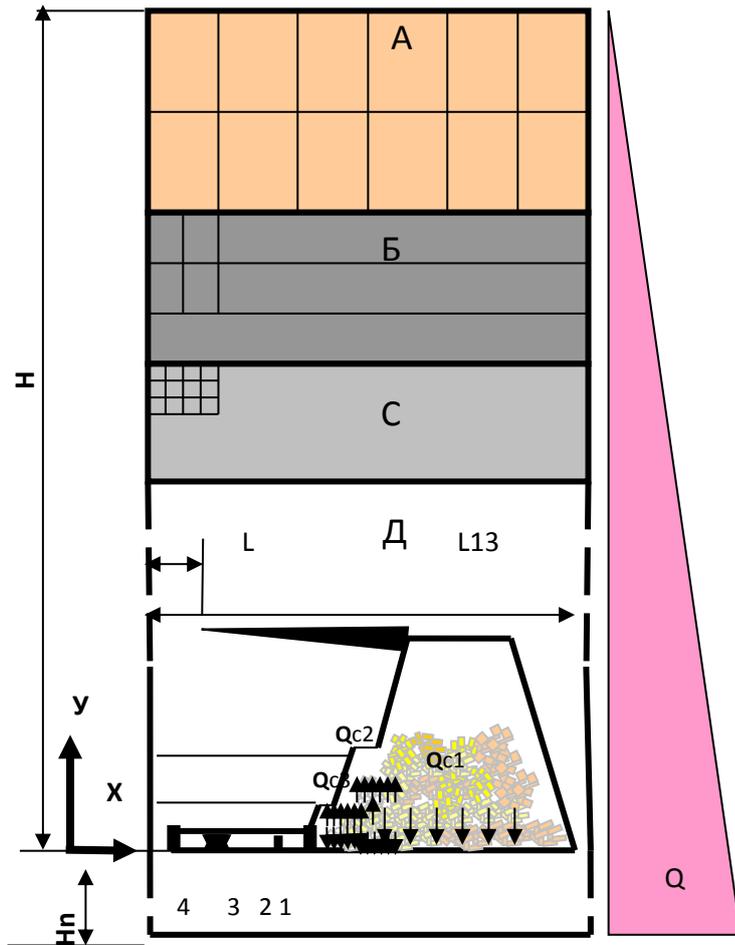


Рис. 4 К выбору расчётной схемы: H_n - толщина нижнего слоя пород; H - толщина верхних слоев пород; Q - давление на боковой контур; Q_{c1}, Q_{c2}, Q_{c3} - отпор пород на опускающиеся породы и вес обрушенных пород; 4 - зона изменения модуля упругости пласта; 3, 2, 1- целики

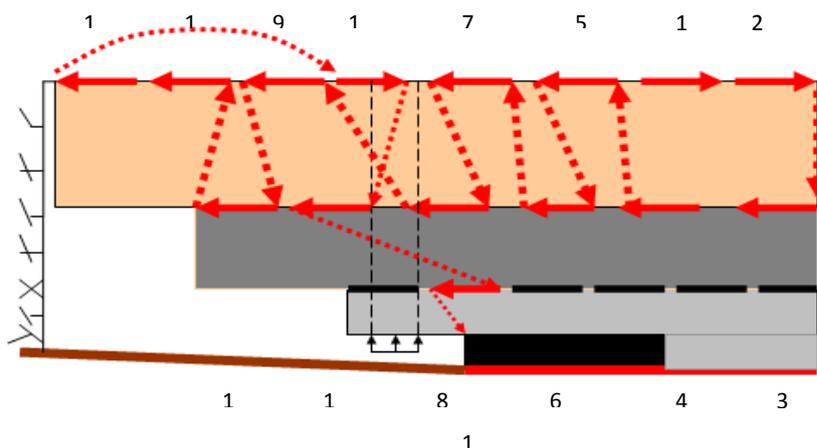


Рис. 6 Траектория отслоений на фрагменте расчётной схемы числа 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.....15 указывают последовательность отслоений

- ситуация, когда свод подходит к земной поверхности и образуется обратный свод (воронка на земной поверхности) соприкасающаяся с вершиной прямого свода.

При решении параметры сетки в каждой итерации в блоках А-Д контролируются на возможность частного искажения напряжений. Управление сеткой – большая проблема при построении аттрактора системы, особенно при моделировании «тонких» факторов трещинообразования и момента перехода системы в колебательное состояние. Для анализа зон влияния крепи следует исходить из критериев:

- крепь набирает сопротивление в процессе деформации системы;
- нагрузки на кровлю задаются с помощью подбора параметров крепи.

5.

Результаты.

Вначале на основе решения для схемы на рис. 5 полученного на основе известной задачи о консольно защемленной кровле с применением теоремы Келдыша - Седова и приближений по

(4,5) был получен ряд отслоений, которые происходили с плавным изменением напряжений в указанном на рис. 5 порядке. В одном из циклов обычно через 3-4

отслоения происходит резкий (в 3 и более раз по сравнению с текущими) рост напряжений, которые затем вновь изменяются плавно. Из фиксируемых трёх видов разрушения показанны отлоения, но в тоже время между ними имели место и осадки участков пласта. Поперечный облом кровли произошел в конце этого цикла. Таким образом повышения нагрузок не всегда связаны с традиционными обрушениями кровли и происходят гораздо чаще, что не только может вызвать вывалы пород, но и разрушения рычагов крепи. Решение на основе метода конечных элементов подтвердило наши предположение о неравной деформации в горизонтальном направлении, что определяется сводообразованием. Вся картина оказалось существенно смещена по линии кровли камер вниз и влево это определило и характер нагружения целиков: они испытывают срез вдоль горизонтальной линии. Данные, использованные в модели дают картину деформаций близкую к шахтным, в частности исследования на ш. Костенко показали резкое искривления слоев почвы с возникновением в них зияющих трещин (рис. 5). Такие трещины наблюдаются у линии сопряжения поверхности забоя лавы с почвой и величина их раскрытия увеличивается по мере перемещения в выработанное пространство. Интервьюирование специалистов указывает на достоверность факта, что срез происходит по ослабленным плоскостям слоистости и поэтому целик продолжает воспринимать горное давление. Полученные численные результаты в основном совпадают с логикой предложенной экспертами, так сближение почвы и кровли в полостях увеличиваются от пласта к выработанному пространству. В последней выработке сближения составляет более 50% от мощности пласта. Шахтные данные это подтверждают, так же шахте им. Костенко деформация арочной крепи была таковой, что движения по выработкам вагонеток стало затруднительным, а между тем смещений пород по трещинам не наблюдалось на многих проверенных участках, т.е. опускания были достигнуты за счет больших изгибов балок – слоев, где-то происходил их подъем, а где-то опускания. Поскольку происходит постепенное отслоение пород в левом уступе свода, то он поэтапно (плавно) ложится на почву не вызывая динамики. А вот над полостью у пласта

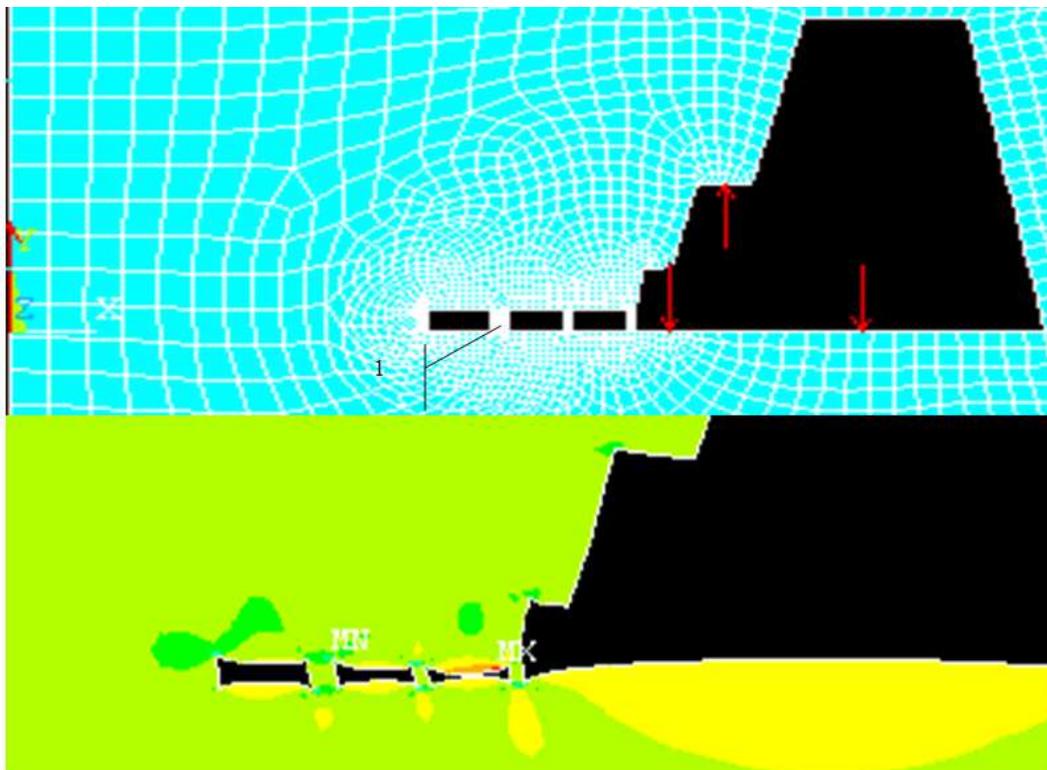


Рис. 6 Конечно элементная сетка модели и картина распределения напряжений в массиве и целиках при формировании свода пород: 1 - целик; стрелками изображены направления действия веса обрешеченных пород и их отпор на опускающийся уступ кровли.

растя
жени
е
следу
ет
пред
отвра
тить,
поск
ольку
её
устой
чивос
ть
надо
подд
ержи
вать.

И это можно делать с помощью крепи. Созданный программный комплекс подготовлен для управления крепями в режиме обратной связи с горным массивом. Программа учитывает множество состояний системы крепь - породы. В подготовке статьи принимал участие Шманёв А.Н.

References:

1. Shemyakin EI, Fissenko BL, Kurlenya MV, Oparin VP, Reva VN, Glushihin FP, Rosenbaum MA, Tropp ZA. Zonal disintegration of rocks around underground workings: FTPRPI. Novosibirsk: "Nauka"; 1987, № 1; 3-8.
2. Melnikov NN, Kalashnyk AI, Kalashnyk NA. Caused geodynamic processes during the development of oil and gas fields in the Barents Sea shelf: Vestnik MSTU; 2009. V.12, № 4; 601-608.
3. Artobolevsky II, Theory of mechanisms and machines. Moscow: Publishing House "Science"; 1988; 322.
4. Beisembaev KM. Unsteadiness of complex systems and their programming features: Chaos and structures in nonlinear systems. Theory and experiment: Proc. 3rd Intern. Scientific Conference. marking the 30th anniversary of the Karaganda State University. (Karaganda 27 - June 28, 2002). Karaganda; 2002; 39-42.
5. Beisembaev KM, Issabekov MU, Wexler YuA, Satarov C. The physical and informational aspects of forming structures: Bulletin of the Karaganda State University. Series physics-Karaganda Univ KSTU; 2006. № 2 (42); 53-62.
6. Beisembaev KM, Zhetesov SS, Shmanov MN. Geomechanical bases of calculation of the parameters of coal mining in non-stationary systems. Karaganda: publ KSTU; 2010; 207.
7. Beisembaev KM, Wexler YuA, Zhetesov SS, Kappasov N, Mendickenov KK. Investigation of rock during podviganiya lava: Proceedings of the higher educational institutions Mining Journal; 2013. № 3; 69-76.