

УДК 372.862: 004.94

ОБУЧЕНИЕ И ИННОВАЦИИ НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ СТРУГА

Жетесова Г.С., Бейсембаев К.М., Акижанова Ж.Т., Альжанов А.И.

Карагандинский государственный технический университет, Караганда, Казахстан, e-mail: kakim08@mail.ru

Рассмотрены особенности обучения с элементами творчества. Считают, что в этом участвуют ансамбли клеток, образующие иерархию групп и подгрупп – нейросети, модели которых используются и в программировании, когда необходимы не тривиальные решения. По сравнению с традиционным подходом в них задействованы больше нейроклеток и ансамблей, что улучшает запоминание и извлечение информации. Это количественно связано с увеличением клеток-участников, и качественно, за счет разветвлений и возможности образования новых схем. Такие системы используются и в многомерных базах, данных с сетевой структурой, при моделировании горных машин. Нейро подобная сеть базы с использованием в узлах – таблицах модулей макросов и внешних программ, позволяет повысить адекватность моделирования и распространять его на все новые изменяющиеся условия в машинах и рабочих средах, контролировать точность результатов, обеспечивать управление машинами по принципу обратной связи с приближением к робототехническим системам, что отвечает современным принципам обучения в технических вузах.

Ключевые слова: инновации, база данных, нейросеть, моделирование, струг, взаимодействие, связи

TRAINING AND INNOVATIONS ON THE EXAMPLE OF MODELLING OF WORK OF THE PLANE

Zhetesova G.S., Beysembayev K.M., Akizhanova Z.T., Alzhanov A.I.

Karaganda state technical university, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: kakim08@mail.ru

Features of training with creativity elements are considered. Consider that the ensembles of cages forming hierarchy of groups and subgroups – neuronets which models are used also in programming when not trivial decisions are necessary participate in it. In comparison with traditional approach more neurocages and ensembles are involved in them that finds storing and extraction of information. It is quantitatively connected with increase in cages – participants, and is qualitative, at the expense of branchings and a possibility of formation of new schemes. Such systems are used also in multidimensional bases, data with network structure, when modeling mining machines. The neuro similar network of base with use in knots – tables of modules of macroes and external programs, allows to increase adequacy of modeling and to extend it to all new changing conditions in cars and working environments, to control the accuracy of results, to provide control of cars by the principle of feedback with approach to robotic systems that answers the modern principles of training in technical colleges.

Keywords: innovations, database, neuronet, modeling, plane, interaction, communications

Запоминание и творческий импульс

Инновационные моменты в обучении позволяют существенно улучшить усвоение материала, поскольку включают особые разделы мозга, связанные с творческой деятельностью. Они повышают его «волновое излучение», которое в свою очередь усиливает запоминание процессов и данных [1]. В традиционном обучении интенсивность использования этих механизмов меньше. Считают, что при усвоении и обработке информации участвуют участки и целые ансамбли клеток, образующие группы и подгруппы иерархической структуры – нейросети, модели, которых широко используются в обработке компьютерами информации, где необходимы анализ и решение не тривиальных задач. При этом эмоциональная насыщенность урока, в котором используется творческий подход, задействует большие объемы алгоритмообразованных ансамблей нейроклеток, соединенных в сети для решения хотя и разных, но имеющих близкие схемные решения [2, 3]. Это по-

зволяет улучшить запоминание информации вначале на электрическом, а затем и более долговременном химическом уровне за счет более разветвленных связей между информационными группами, а также облегчает её извлечение по заранее запомненным алгоритмам. Поэтому даже при использовании в обучении традиционного материала творческий подход позволяет активизировать дополнительные узлы нейросетей, а следовательно и улучшить обучение. Использование же новых узлов – не есть улучшение запоминания на основе количественного увеличения клеток в нем задействованных, но создание более варибельного участка сети, способного изменяться и существовать в разных вариантах за счет разветвлений. Наличие разветвленной сети между информационными узлами в ряде случаев позволяет найти новые варианты или улучшение решений (новое в давно забытом старом). Нейросетевое моделирование можно применять на основе баз данных с многомерными классификациями объек-

тов, также как и нейросети, образующими структуру иерархических групп узлов и подузлов. При этом в узлах – таблицах, с программами обработки (макросы и модули), создается возможность использования комплекса пакетов для моделирования процессов и данных в 3 d [5, 7]. В базах поддерживается иерархическая структура, а с учетом мощного программного обеспечения в узлах, соединяемое через гиперссылки с внешним программным обеспечением, и сетевая структура, обеспечивающая взаимодействие не только с соседними сопрягаемыми узлами, но и расположенными за пределом моделируемого объекта. Так в системах моделирования машин и механизмов, наряду с применением в узлах программ на основе объектно-ориентированных языков типа VB, C ++ через гиперссылки используются специализированные пакеты типа Ansys, Adams, SolidWorks. Т.е. между информационными узлами можно включить не только логику связей традиционных для баз, но и расширить их возможности за счет внедрения в них моделирующих и прогнозирующих программ, которые имитируют то, что уже есть в механизмах, позволяют увидеть и то, что может быть, как прогноз на будущие периоды. Если рассматривается, например, конструкция машины, то можно увидеть и улучшенные программные элементы управления или конструктивные схемы. В каждом таком узле машину можно рассматривать в обновленной топологии превышающей 3 d, которая продолжает конструкцию в её взаимодействии с рабочей средой и с другими узлами, позволяя рассматривать и управлять статическими и динамическими процессами. В изобретательской работе известна трактовка новизны решения при реализации известной конструкции для новой области применения, но в данном случае, наличие новых связей позволяет затем внести и принципиальные изменения самой конструкции. В машиностроении и программировании, это направление рассматривалось в методах инверсии решений [2].

Развитие пакетов автопроектирования и моделирования дало существенный толчок методологии и обеспечило реальным вложением ранее разработанные теоретические установки. Если рассматривать конкурирующие системы машин, например, в горном деле, то применение многомерного подхода в базах данных позволило составлять моделирующее – прогнозирующие проекты со сравнением вариантов по многим компонентам, когда среди главных критериев рассматривались:

- способности работы машины в определенных условиях;

- исполнение заданных параметров надежности.

Дополнительным критерием к ним выступает стоимость машины, сильно зависящая от требований надежности и которая на некотором уровне может изменяться нелинейно, что указывает на исчерпание традиционных методов её повышения, подталкивая к новым, опирающимся на фундаментальные положения науки.

Творчество и моделирование

Исторический анализ в контексте поиска аналогов современных процессов значим в образовании, так в КарГТУ во все времена большое внимание уделялось вопросам исследования разрушения пород и угля инструментом и под действием горного давления. Строились гипотетические и теоретические обоснования, развивались аналитические, фотоупругие, а затем и конечно-элементные методы расчета. Классификация выполненных работ позволяет упростить и универсализировать их для решения близких задач, легко справиться с освоением нового математического и программного обеспечения, разработать иерархически связанную структуру, в которой легко реагировать на изменения внешних условий. Использование хорошо изученного материала, поэтому позволит рассматривать процессы моделирования разрушения, при струговой выемке в новой постановке. Оно есть выстраивание процессов, аналогичных природным, в теории и сознании. При этом эффективность моделирования улучшается, если эти процессы структурно близки. Т.е. когда моделирование производится в объектах подобных нейросети. И конечно, многолетний анализ истории объекта позволяет выстроить адекватную модель, способную учесть сложные факторы значимые в определенные периоды. Так в разработке механизма взаимодействия инструмента с горным массивом эти факторы и элементы складывались поэтапно на основе разных моделей, а затем воплотились в единой конечно-элементной. Ныне, для отработки угольных пластов широко применяется комбайновый способ, а более простой – струговой, реже. Здесь сложное движение резца исполнительного органа комбайна совершающего вращательное движение вокруг оси шнека и поступательное вдоль лавы заменено одним поступательным вдоль лавы. Для установления преимуществ и недостатков способов, как следует из литературы, четких критериев оценки не существует и ранее анализ производился на расчете затрат энергии на разрушение. Считается, что возбуждение в массиве сложного напряженно деформированного

состояния (НДС) позволяло разрушающим напряжениям распространяться по нескольким направлениям в пласте и, следовательно, в трещиноватом массиве со случайным разбросом трещин, предельные напряжения могли достигаться в разных зонах, в том числе, и на более удаленном расстоянии и менее энергоемко. Поэтому сложное резание считалось более выгодным. Эффективность определялась и типом применяемых резцов. Так для конусных, кроме реализации эффекта самозатачивания, предлагалась гипотеза дальнего распространения напряжений, поскольку для них, в отличие от резцов с гранями, градиент напряжений (скорость их изменений) был меньше и высокие значения напряжений распространялись на большие расстояния от резца, хотя максимальный коэффициент концентрации напряжений был меньше. Следовательно, и трещины разрушения могли возникнуть чаще. Насколько же хаотично расположены трещины в пласте можно предварительно установить из логического анализа нагрузок обуславливающих НДС. Очевидно, в пласте кроме сил, создаваемых от тягового усилия струга, будут действовать выдавливающие напряжения от сжимающих пласт давления сверху и снизу пласта, т.е. оно и служит источником системных трещин, распределение которых подчиняется некоторым закономерностям, а именно:

- системные трещины параллельны плоскости забоя и они повторяются с углублением в пласт кратно захвату очистной машины. Пики напряжений в их окрестности будут «взлетать» в моменты отделения стружки;

- имеются трещины и вдоль слоистости, т.е. параллельные кровле и почве – в связи с таковой структурой пласта.

Кроме того в пласте возможны и хаотично разбросанные трещины, например, распределенные по нормальному закону, которые в основном определяются условиями формирования пласта в древности. Легко понять, что сложное движение резца по первым двум критериям не даст явного преимущества по разрушению. И лишь система хаотически расположенных трещин будет способствовать снижению энергоемкости работы комбайна. Струг же, имея резцы по всей высоте пласта, действует так, что в основном создает усилия направленные на отрыв блока угля в сторону забоя, т.е. помогая реализоваться системной трещиноватости. Но как проверить вклад в разрушение этих трещин? В лавах, они определяются горным давлением, что требует создания моделей учитывающих структуру настиляющих пород, а также особенности

их сдвижения при подвигании выемочных работ. Заметим, что и в теории разрушения пород и особенно угля используются статистические методы, в которых факторы связывающие параметры резания, структуры пласта и особенности сдвижения боковых пород основаны на методах теории вероятности и неявны [3]. При этом анализ НДС, который обычно применим для твердых тел, например, при механической обработке на станках, практически не используется, хотя в КарГТУ ряд таких работ известен. Сдерживающие факторы такого анализа разрушения пород и угля определялись тем, что влияние случайных характеристик было значительным и на их фоне упругие решения по НДС мало что давали. Однако ныне эти решения, за счет развития методики конечно-элементного моделирования, позволяют учитывать системную трещиноватость в пласте, сложности строения и поведения массива, форму забоя. Учитывается и разброс прочностных и упругих характеристик материалов. Поэтому постановка такой задачи включающей рассмотрение и использование старых методов на новом фундаменте в которых действует единая логика взаимодействия элементов дает понимание инновационных подходов обучающимся.

Анализ и сравнение особенностей отделения угля при работе струга на основе непосредственных наблюдений в лаве и при обработке данных полученных другими исследователями показывает, что доля образуемая отжимом угля, достигает 30 % от всего добытого объема. Характерны и моменты, когда плиты – «сундуки» угля отделяются от поверхности забоя уже после прохождения струга, что по-видимому объясняется нарушением равновесия призмы оформленной трещинами давления, когда она с одной стороны только что получила импульс от движущегося струга, освобождающего поверхность блока, и скачка давления со стороны кровли и почвы после создания стругом дополнительного обнажения в пласте, рис. 1. Как видно, призма отделяется и обрушивается после прохода струга и её объемы сопоставимы с габаритами струга. Моделирование этих процессов, в рамках общей методологии издавна применяемой в КарГТУ, с учетом разных составляющих разрушения приведем ниже.

Методические положения для струга действующего на массив

При проектировании горных машин возникают вопросы взаимодействия резцового инструмента с горным массивом. В этой области рассмотрено множество задач в основном использующих статистические данные.

Для создания возможности рассмотрения этих задач в разных горногеологических условиях рассмотрим задачу моделирования инструмента с массивом на основе конечно-элементных технологий. Для лучшего понимания процессов вначале излагается упрощенный подход при действии на породу одного резца, а затем, уточнив методику построения решения и наиболее важные факторы подлежащие учету, распространим наработанную методику на множество резцов струга, рис. 2. В заключение введем учет горного давления на пласт, смоделировав необходимые параметры выработки и боковых пород с учетом глубины работ. Это позволит уточнить влияние этих факторов на суммарное усилие развиваемое стругом.

Уравнение движения струга

$$Fp_1n + F_{тр} + ma_z - F_{тяг} = 0, \quad (1)$$

где n – количество резцов; a_z – ускорение вдоль оси z , иначе d^2z/dt^2 .

Движение струга в идеале состоит из относительно равномерного движения на участках $0-x_2$, x_2-x_3 и т.д., с резким ускорением после разрушения (отрыва от пласта) стружки, когда, реализуя упругую накопленную энергию системы, струг разгоняется до очередного удара о пласт и скалывания новой стружки, рис. 3

Здесь

$$x_2 - x_1 = Lp,$$

где Lp – величина, пропорциональная внедрению резца в горный массив до начала момента скола стружки

$$x_3 - x_2 = Lc,$$

где Lc – величина, пропорциональная сколу стружки.

Таким образом, имея экспериментальные данные о работе струга с осциллограмми силы резания будем иметь возможность корректировать данные предстоящего моделирования

Особенности пошагового проектирование модулей

К представленной на рис. 2 схеме струга следует добавить слои кровли, смоделировать особенности её опускания на обрушенные породы, слои почвы и боковое окружение. Даже при небольшой глубине в 200 м и диаметре резца струга 0, 04 м соотношение размеров моделируемых элементов достигнет 5000, рис. 4, что ставит проблемы управления точностью моделирования [4, 6]. Строим модель по принципу «матрешки»: вначале небольшой участок модели, включающий резец и часть пласта в виде параллелепипеда с размерами ис-

ключающим влияние краевых эффектов, а после испытаний остальные части, исходя из обеспечения визуального контроля всех этапов. Очевидно, что это позволит выявить основные факторы, влияющие на НДС, проанализировать особенности построения конечно-элементной модели, её сетки и точность вычисления. При этом сочетаем режим управления сеткой встраиванием линий с управлением их размерами, которые также затем можно использовать для формирования зон с изменяющимися упругими или прочностными свойствами. Должны быть построены части программ вычисления напряжений, построения графических зависимостей для зон визуально скрытых пристраиваемыми конструкциями. Следует уточнить и дальнейшую стратегию расширения модели оценить потребности расходуемой памяти и изменения времени расчета модели. Т.е. здесь уже следует анализировать постоянно изменяющуюся схему сдвижения пород, ее влияние на пласт в зоне расположения струга, возможности увеличения количества резцов в отбойной группе и наконец, его конструктивные особенности. Построение расширенной модели сопровождается решением частных моделей и исследованием её структурных особенностей и параметров в оперативной памяти ПК (рис. 5). Таким образом, будет устранено влияние на особенности разрушения пласта зоны горных работ, параметров структурообразования призабойной зоны под действием развития работ и горного давления. Резец примем конусного типа, а оси координат в центре основания конуса совпадающего с поверхностью части пласта, на которую действует струг. В этом случае построение модели, а также расчет значений координат упростится. На этапах построения модели код программы будет меняться, однако следует применить такую методику, чтобы номера линий и объемов, необходимых при управлении размерами сетки (рис. 7) не изменялись. В данном случае, для управления сеткой приняты все линии конуса и блока близко прилегающие к зоне действия инструмента. На рисунке на этих линиях шаг сетки минимален и равномерен.

Очевидно, что при последующем копировании внедренных в блок конусов для имитации остальных инструментов параметры разбиения будут сохраняться, причем, сетка будет относительно равномерно на всей глубине внедрения, за что «отвечают» указанные линии.

Максимамальное соответствие реальным условиям работы струга будет достигнуто при совпадении картин давлений на пласт

и зону обрушенных пород, рис. 4 и 6 в модели и натуре. Рисунки – фото с экрана ПК. В модели пик давления приходится на торец пласта и далее резко падает стабилизируясь в зоне, где обрушенные породы смыкаются с кровлей (соответственно пики $8728 \cdot 10^3$ Па и $2093 \cdot 10^3$ Па). Такая картина характерна для упругих решений. В реальном пласте она будет несколько иной, что связано с дезинтеграцией пласта у забоя на несколько параллельных между собой зон, которые обычно моделируют

скачками модуля деформации и прочностных свойств. Каждая из зон будет иметь собственный пик. В полученном же решение достаточно потребовать совпадение интегральных значений давления в призабойной зоне. Это позволит «поймать» влияние рассматриваемых факторов и даст количественную оценку возможности совершенствования модели по времени расчета, объему памяти и возможности учета других факторов – механизированной крепи и т.п.

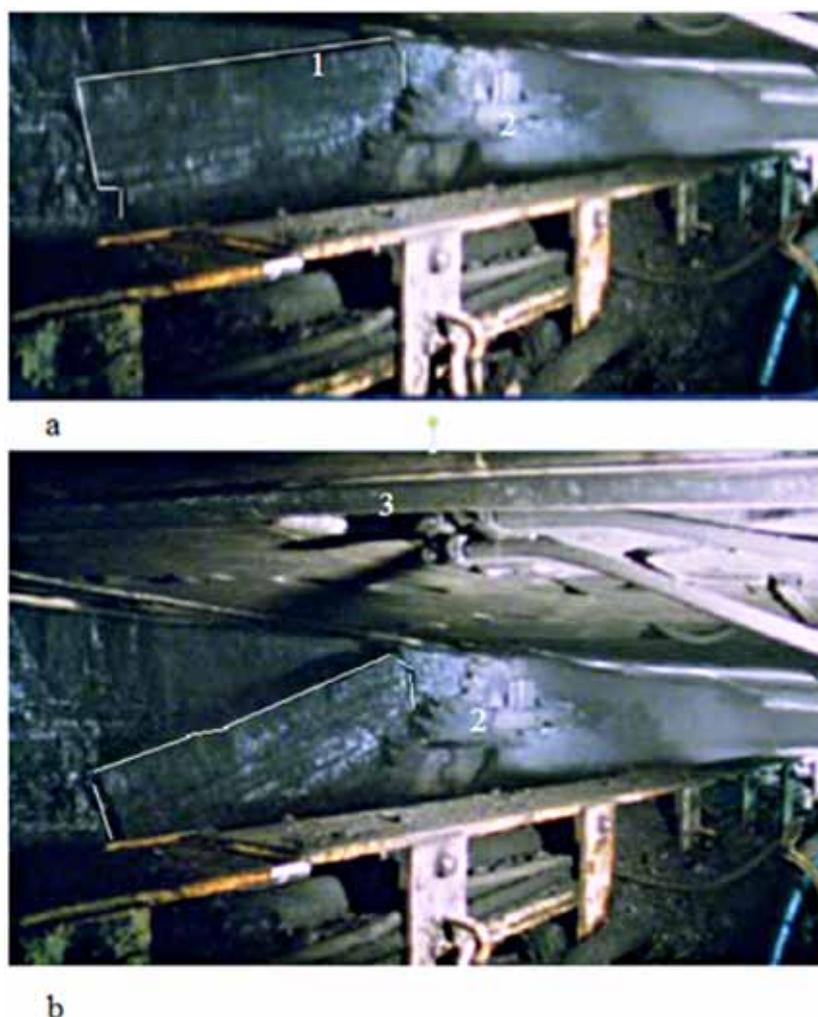


Рис. 1. Моменты (а,б) отжима угля вслед за проходом струга:
1 – контуры отжатого блока; 2 – струг; 3 – верхняя крепи

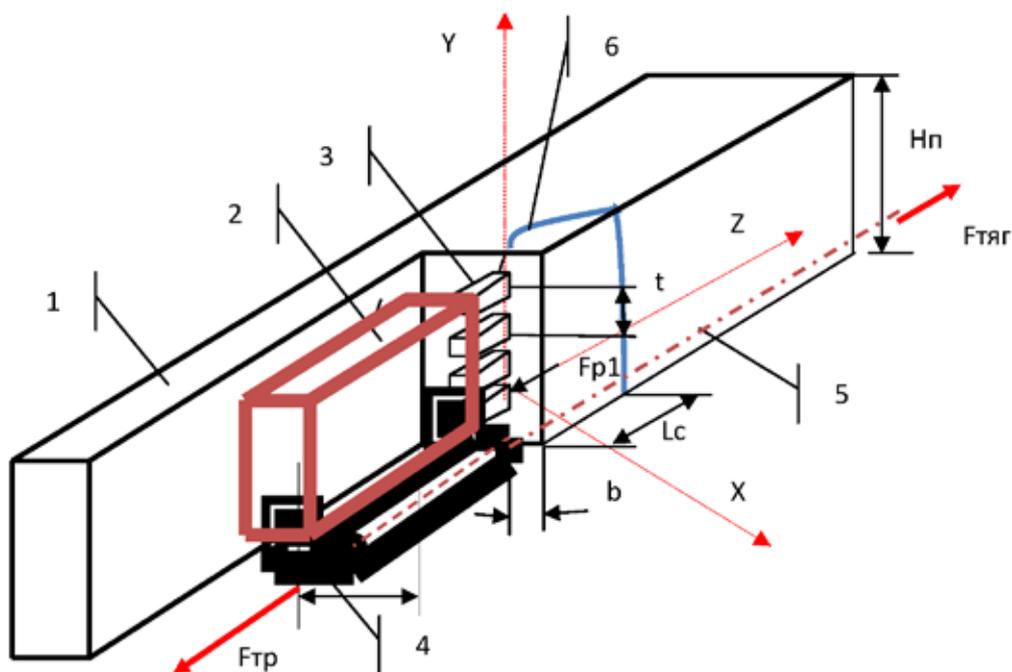


Рис. 2. К расчету стругового органа:

1 – пласт; 2 – корпус струга; 3 – резцы; 4 – плита скольжения и лемех струга; 5 – тяговая цепь; 6 – контур скалываемой стружки (конвейер условно не показан); b – захват (толщина стружки) струга; t – шаг установки инструмента; F – сила трения с учетом усилия на погрузку угля; $F_{тяг}$ – тяговое усилие цепи; H_n – вынимаемая мощность пласта; b – шаг передвижки крепи; $F_{р1}$ – сила резания на одном резце

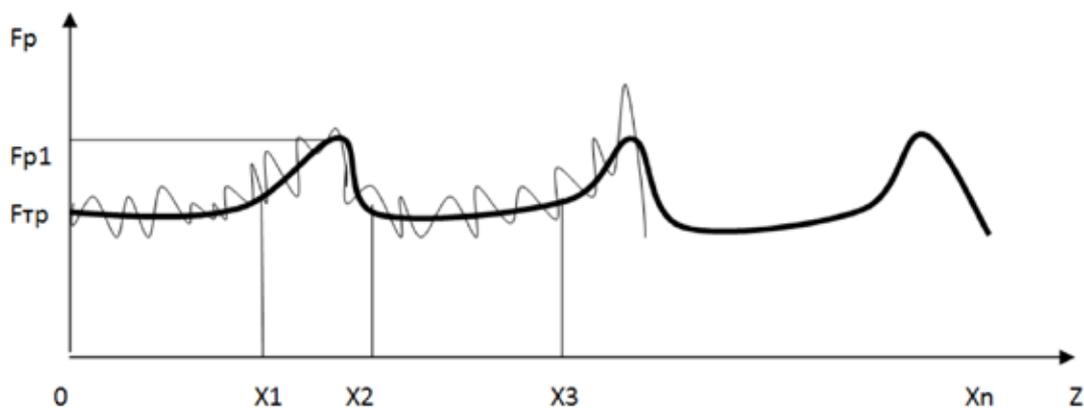


Рис. 3. Идеализированная зависимость усилий, приходящихся на основание резца (утолщенные линии) и с учетом дисперсии механических характеристик (тонкие линии), $(x_1 - x_2)$ – зоны скачков

Анализ осциллограмм усилия на тяговой цепи в т.ч. и мощности потребляемой приводом струга показывает, что для стандартных конструкций обычно содержащих 3 группы резцов расположенных по высоте струга и с некоторым расстоянием друг от друга происходит сглаживание прогнозируемых скачков (рис 3) (они заметны на рис. 1 у струга 2). Скачки явно проявляются, если часть пласта которую срезает одна из групп уже обрушилась от отжима.

При учете горного давления отрывное напряжение существенно увеличилось, рис. 6б, становятся очевидными и зоны отжима угля, оформляющие призмы обрушения. Из графика следует, что зона от резца до поверхности забоя лавы длиной 0,1 м находится в растянутом состоянии $\sigma_x = 31.4 \cdot 10^5$ Па, это примерно равно

31 кг/см². При пределе прочности для угля на уровне 10 кг/см² разрушение достигается. Без учета горного давления растяжение в рассмотренных условия не было достигнуто.

Выводы

Инновационные моменты в обучении позволяют существенно улучшить усвоение материала, поскольку включают дополнительные участки мозга, связанные с творческой деятельностью. Считают, что при усвоении и обработке информации участвуют ансамбли клеток, образующие группы и подгруппы иерархической структуры – нейросети, модели которых используются и в программировании, когда необходимы решения не тривиальных задач.

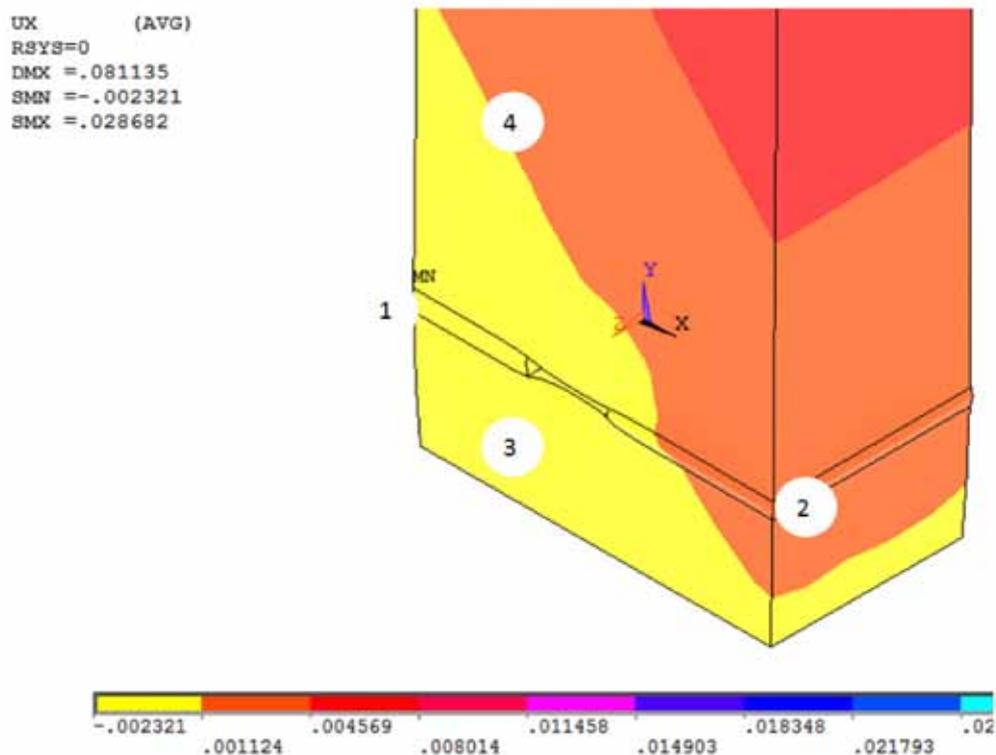


Рис. 4. Общий вид модели со скрытой структурой:
1 – пласт; 2 – обрушенные породы; 3 – слои почвы; 4 – слои кровли при нижнем резце струга в нулевой точке системы координат (зоны деформаций по X)

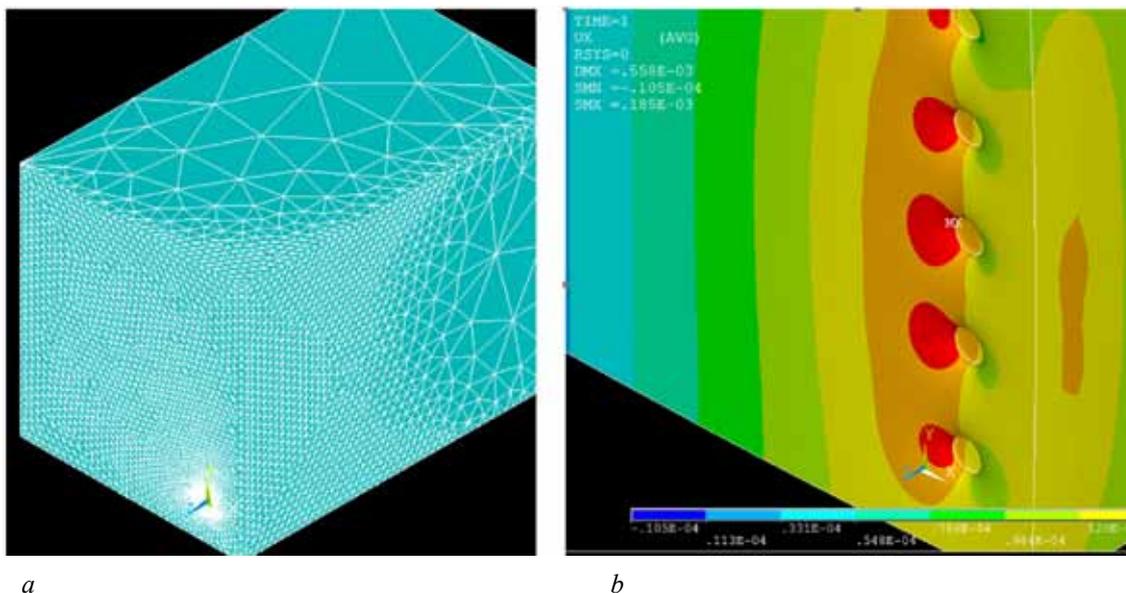


Рис. 5. Поэтапное построению полной модели и сетки:
 а – один резец (сетка); б – полный набор резцов (картина деформаций по X)

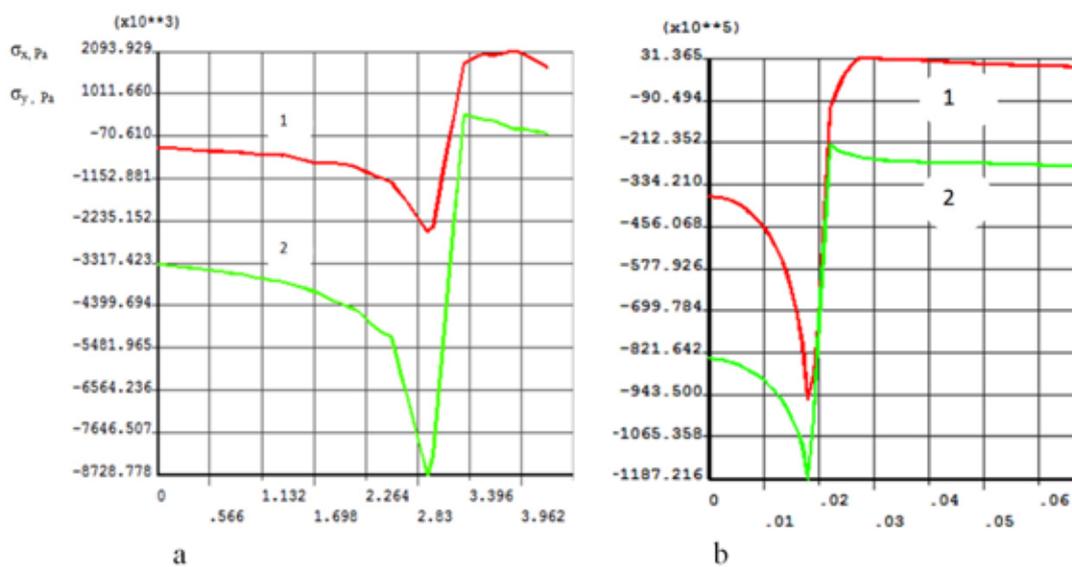


Рис. 6. Изменение опорного давления поперек лавы (а); напряжений на поверхности зоны воздействия резца от середины резца к правому краю (б):
 1 – σ_x ; 2 – σ_y

Эмоциональная насыщенность урока с творческим подходом, по сравнению с традиционным для решения задач с близкими алгоритмами, задействует бóльшие объемы нейроцитов и количество их групп – ансамблей. Улучшение запоминания информации облегчает и её извлечение по хранящимся алгоритмам. Это количественно связано с увеличением задействованных клеток и качественно за счет разветвлений и возможности образования новых схем, если информация частично утрачивается. Аналогичные системы используются и в базах данных построенных по принципу многомерных классификаций с иерархической, сетевой структурой, которые служат оболочкой и инструментом моделирования и, в частности, процессов горных машин. Успешное овладение правилами моделирования в структуре подобной нейросети, использование в узлах – таблицах инструментария программирования статических и динамических задач, позволяет повысить адекватность моделирования и распространять её на все новые изменяющиеся условия в машинах и рабочих средах, контролировать точность результатов на каждом из этапов решения, овладеть технологией управления машинами по принципу обратной связи с приближе-

нием к робототехническим системам, что отвечает современным принципам обучения в технических вузах.

Список литературы

1. Маркина Н. В. Загадки и противоречия творческого мозга // *Химия и жизнь*. – 2008. – №11. – С. 4–11.
2. Бутенко Л.Н., Бутенко Д.В., Чугунов Д.С. Использование инверсии в морфологическом синтезе // *Изв. ВолгГТУ. Серия «Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах»: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ.* – Волгоград, 2007. Вып.1, №1. – С. 34–36.
3. Игнатьев А.Д., Беляев В.С., Карленков А.А., Замятин И.С. Струговая выемка угля. – М.: Изд-во Недр, 1978. – 237 с.
4. Жетесова Г.С., Бейсембаев К.М., Мадиханова А., Жунусбекова Г.Ж., Окимбаева А.Е. 3D-моделирование разработки пластовых ископаемых // *Успехи современного естествознания*. – № 6. – 2016. – С. 144 – 149.
5. Бейсембаев К.М., Дёмин В.Ф., Жолдыбаева Г.С., Малыбаев Н.С., Шманов М.Н. Автопроектирование горных машин в 3d: проектно-модельный подход: учебное пособие. – Караганда: изд-во КарГТУ, 2016. – 208 с.
6. Бейсембаев К.М., Жолдыбаева Г.С., Жунусбекова Г.Ж., Мендикенов К.К., Окимбаева А.Е., Шманов М.Н. Модели взаимодействия машин и пород в недрах // *Международный научно-исследовательский журнал*. – №11 (42). – 2015, Часть 2. – С. 13–17, DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.160.
7. Бейсембаев К.М. Демонстрационная разработка элементов баз автоуправления // *Современные наукоемкие технологии*. – № 9. – 2015. – С. 9–13.