

В.Г Ларченко, Донбаський державний технічний університет

О.А.Черних, Донбаський державний технічний університет

**ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ МЕТОДУ СКІНЧЕННИХ
ЕЛЕМЕНТІВ ДО ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУГ І ЗРУШЕНЬ ПІДРОБЛЕНОЇ
ТОВЩІ ГІРСЬКИХ ПОРІД**

Ларченко В.Г., Черних О.А.

Дослідження можливостей методу скінченних елементів до визначення напруг і зрушень підробленої товщі гірських порід

Наведено результати математичного моделювання головних напружень і зрушень шарів підробленої товщі гірських порід методом скінченних елементів у зміщеннях.

Ключові слова: математичне моделювання, метод кінцевих елементів, напруги, зрушення, гірські породи.

Ларченко В.Г., Черных О.А.

Исследование возможностей метода конечных элементов к определению напряжений и сдвижений подработанной толщи горных пород

Приведены результаты математического моделирования главных напряжений и сдвижений в слоях подработанной толщи горных пород методом конечных элементов в перемещениях.

Ключевые слова: математическое моделирование, метод конечных элементов, напряжения, сдвижения, горные породы.

Основною енергетичною сировиною України є вугілля, розвідані запаси якого, за оцінкою фахівців, складають більш ніж 45 млрд. т.

Видобуток вугілля підземним способом супроводжується безперервним збільшенням глибини розробки, що викликає збільшення напруженого стану гірського масиву і, як наслідок, призводить до активізації зрушень і деформацій порід навколо очисної виробки.

Більшість шахт Західного Донбасу розробляє зближуючі пласти, при відпрацюванні яких навколо очисних виробок утворюються різні за знаком і величиною деформацій зони зрушень, що необхідно враховувати при виборі

оптимального розташування розкриваючих і підготовчих виробок і прогнозі їх стійкості. Усі вертикальні стволи охороняються запобіжними ціликами, у яких тільки в Українському Донбасі законсервовано більше 220 млн. т вугілля. Крім того, у Західному Донбасі під різними промисловими, цивільними спорудами, комунікаціями й природними об'єктами знаходиться більше 400 млн. т вугілля, відпрацювання якого з повним обваленням покрівлі може викликати небезпечні деформації об'єктів, що підробляються. Тому дослідження напруженого стану гірського масиву, параметрів зон зрушень і стадій деформації товщі порід навколо очисного вироблення, а також параметрів процесу зсуву земної поверхні при розробці свити пластів є актуальними й мають наукове та практичне значення.

Перераховані дослідження можуть бути виконані різними методами.

Найбільш достовірним є метод комплексних натурних інструментальних частотних наглядів, що дозволив одержати якісну й кількісну характеристику параметрів процесу зрушення підробленого масиву порід над рухомим очисним забоем у головному перетині мульди зсовування при глибинах підробки до 300 м [1–3]. Цей метод є дуже трудомістким, вимагає тривалих і точних комплексних наглядів, особливо при великих глибинах виробок, чому його вживання в наш час без належного фінансування не є можливим.

Тому для дослідження напруженого стану порід і параметрів зрушення підробленої товщі все частіше застосовується теоретичний метод дослідження й математичне моделювання цього складного процесу.

Найкращою для розрахунку параметрів зсувів і деформацій шаруватої товщі порід є гіпотеза вигину тонких плит (шарів) в зоні плавного прогинання [4], яка розташована вище за покрівлю пласта, що розробляється, на відстані, кратному $16\div 40$ потужності пласта, який виймається. Уживання цієї гіпотези вимагає точних характеристик міцності шарів гірських порід і спільного рішення великого числа рівнянь, яке пропорційне кількості шарів підробленої товщі. Ідеалізація розрахункової схеми в першому наближенні дозволила одержати якісну характеристику геомеханічних процесів, але призводить до

значних відхилень від результатів натурних наглядів. Тому результати теоретичних розрахунків потрібно зіставляти з даними натурних маркшейдерських наглядів, уточнювати методики й початкові параметри для досягнення адекватності натурним умовам.

У цій роботі зроблена спроба дослідити головні напруги і просідання шаруватої товщі гірських порід навколо очисної виробки при положому заляганні методом кінцевих елементів.

Розрахунок головних напруг гірських порід навколо очисної виробки і зсувів шаруватої підробленої товщі порід було виконано програмним комплексом „Ліра 9”.

В основу розрахунку покладено метод кінцевих елементів (КЕ) в зміщеннях. Як основні невідомі прийняті осідання шарів по вісі Z і горизонтальні зсуви по вісі X . У розрахункову схему включені такі типи елементів:

Тип 262 – двовузлового КЕ однобічного пружного зв'язку між вузлами, який є нелінійним і призначений для моделювання однобічного (що сприймає розтягування або стиснення) лінійного зв'язку. Напрямок зв'язку визначається відповідно до координат вузлів, які описують цей КЕ.

Тип 284 – фізично нелінійний універсальний прямокутний КЕ плоскої задачі (шар), який призначений для моделювання однобічної роботи шарів порід на стиснення з урахуванням зсуву по схемі плоскої деформації відповідно до закону Кулона. Цей КЕ застосовується в нелінійному кроковому процесорі при розрахунках параметрів гірських вироблень і тунелів. При моделюванні нелінійного навантаження повинна бути задана велика кількість ітерацій.

Фізично нелінійний універсальний прямокутний КЕ плоскої задачі сприймає: NX – нормальна напруга вздовж вісі XI ; NY – нормальна напруга вздовж вісі YI (для випадків плоскої деформації); NZ – нормальна напруга вздовж вісі ZI ; TXZ – напруга зсуву.

Жорсткості елементів задаються: E – модулем деформації шарів; ν – коефіцієнтом Пуассона; D – шириною виробленого простору; RC – напругою

зсуву; RS – граничною напругою при розтягуванні; f – кутом внутрішнього тертя в градусах. Перераховані параметри жорсткості елементів узяті відповідно до результатів механічних випробувань у гірничо-геологічних умовах шахт Західного Донбасу. Якщо головні напруги σ_1 і σ_2 задовольняють нерівностям: $\sigma_1 \leq RS$, $\sigma_2 \leq RS$, $\sigma_1 - \sigma_2 \leq -\sin f (\sigma_1 + \sigma_2) + 2RC \cos f$, то робиться лінійний розрахунок. Інакше відбувається ітераційний процес.

Координати вузлів і навантаження описані в декартовій системі координат, де переміщення точок мають таку індексацію: X – лінійне переміщення точок по вісі X , тобто горизонтальні зсуви; Z – лінійне переміщення по осі Z , осідання точок масиву (рис. 1, 2). Підпрацьована товща порід розбита на 8 шарів, виконано 11 завантажень. Послідовно виконувалося накопичення навантажень розрахункової схеми, формування і розкладання матриці жорсткості основної схеми розрахунку, обчислення головних напруг (рис. 3, 4) і зміщень при математичному моделюванні процесу зсуву підробленої товщі порід.

Результати розрахунків наведено на рис. 1–4.

Вони мають добру збіжність з натурними даними [1; 2].

Проведене дослідження дозволяє зробити такі висновки:

1. Моделювання напруг і зсувів підробленої товщі гірських порід методом кінцевих елементів у зміщеннях є повністю виправданим і ефективним.

2. Удосконалення й використання цього методу дозволить установити нові залежності параметрів зсувів підпрацьованої товщі порід від глибини підробки, міцності й літології гірських порід. Це необхідно знати при виборі оптимального розташування розкриваючих і підготовчих вироблень, забезпечення їх тривалого збереження, а також дозволить скоротити втрати вугілля в запобіжних ціликах під вертикальні стволи.

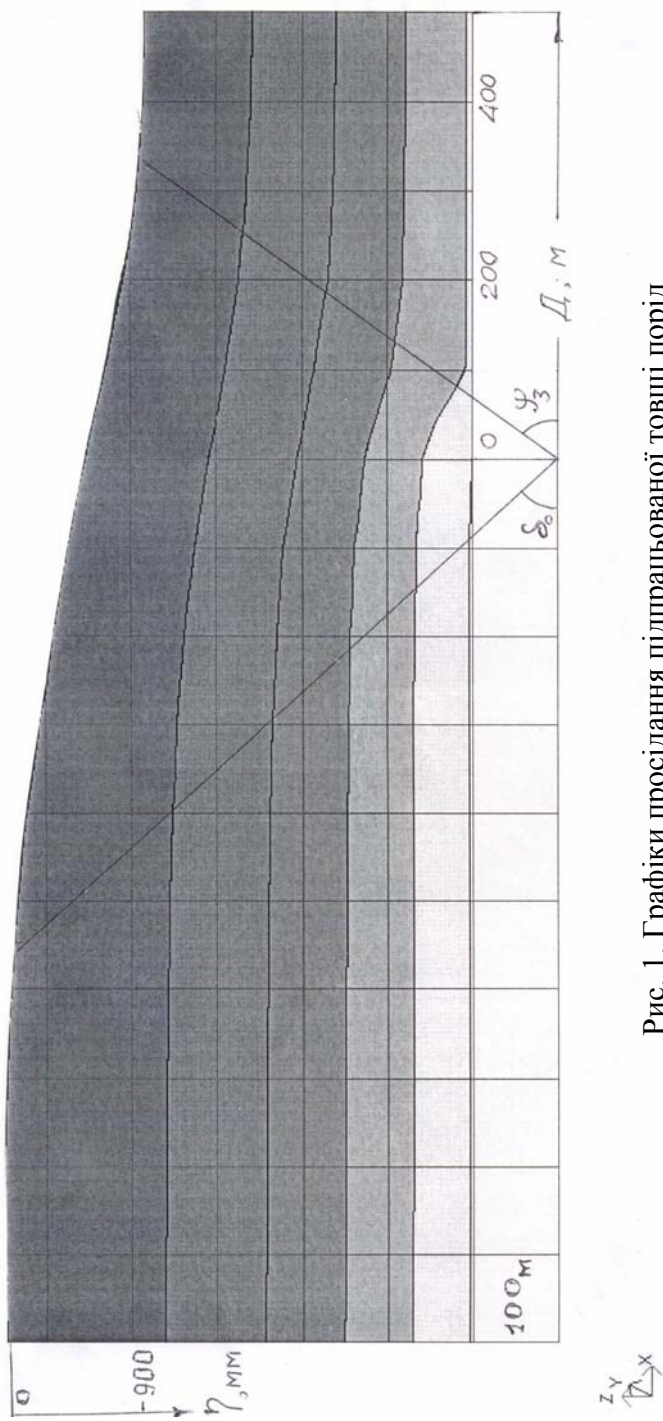


Рис. 1. Графіки просідання підрацьованої товщі порід

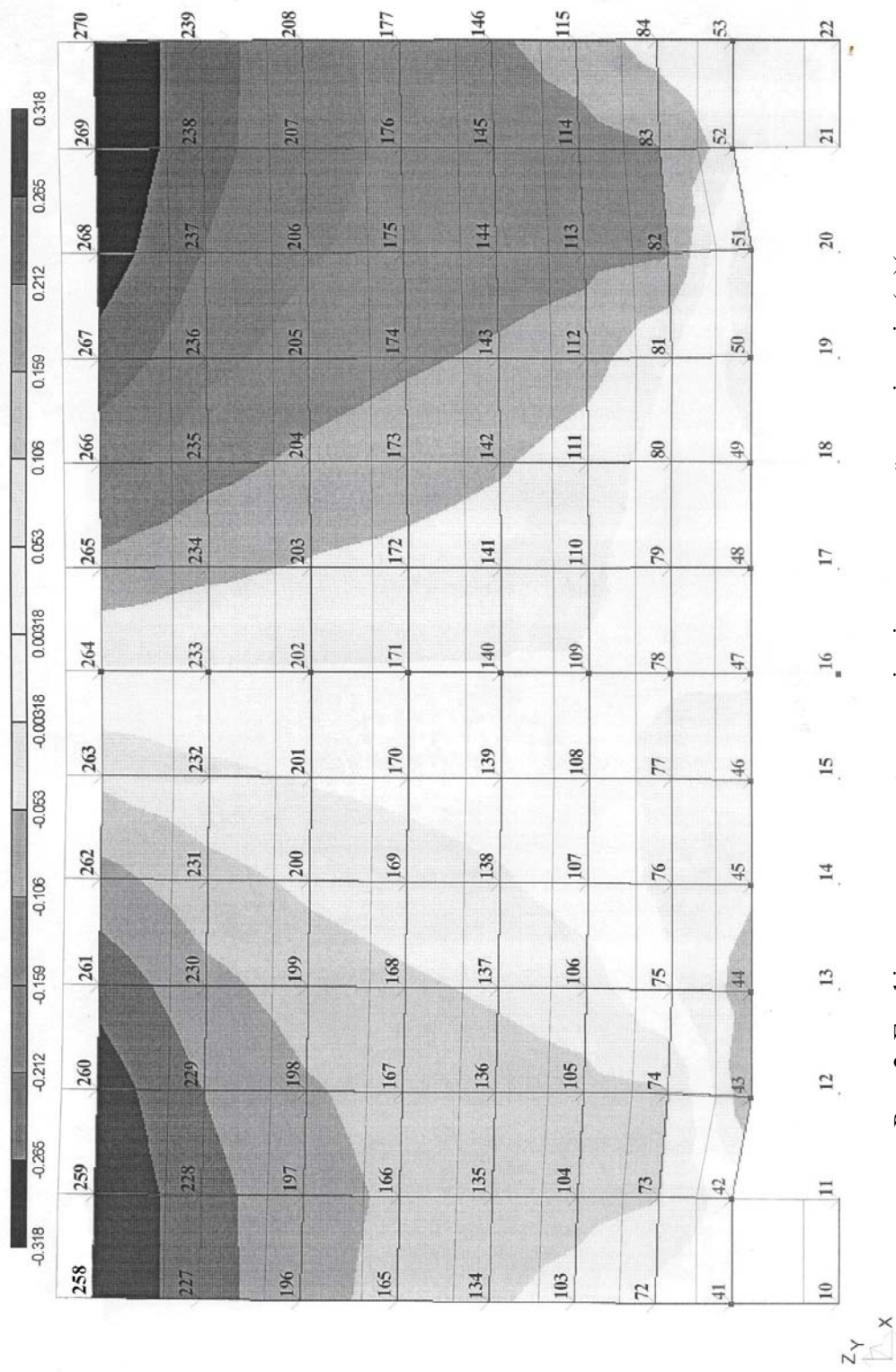


Рис. 2. Графіки горизонтальних зсувів підпрацьованої товщі порід (м)

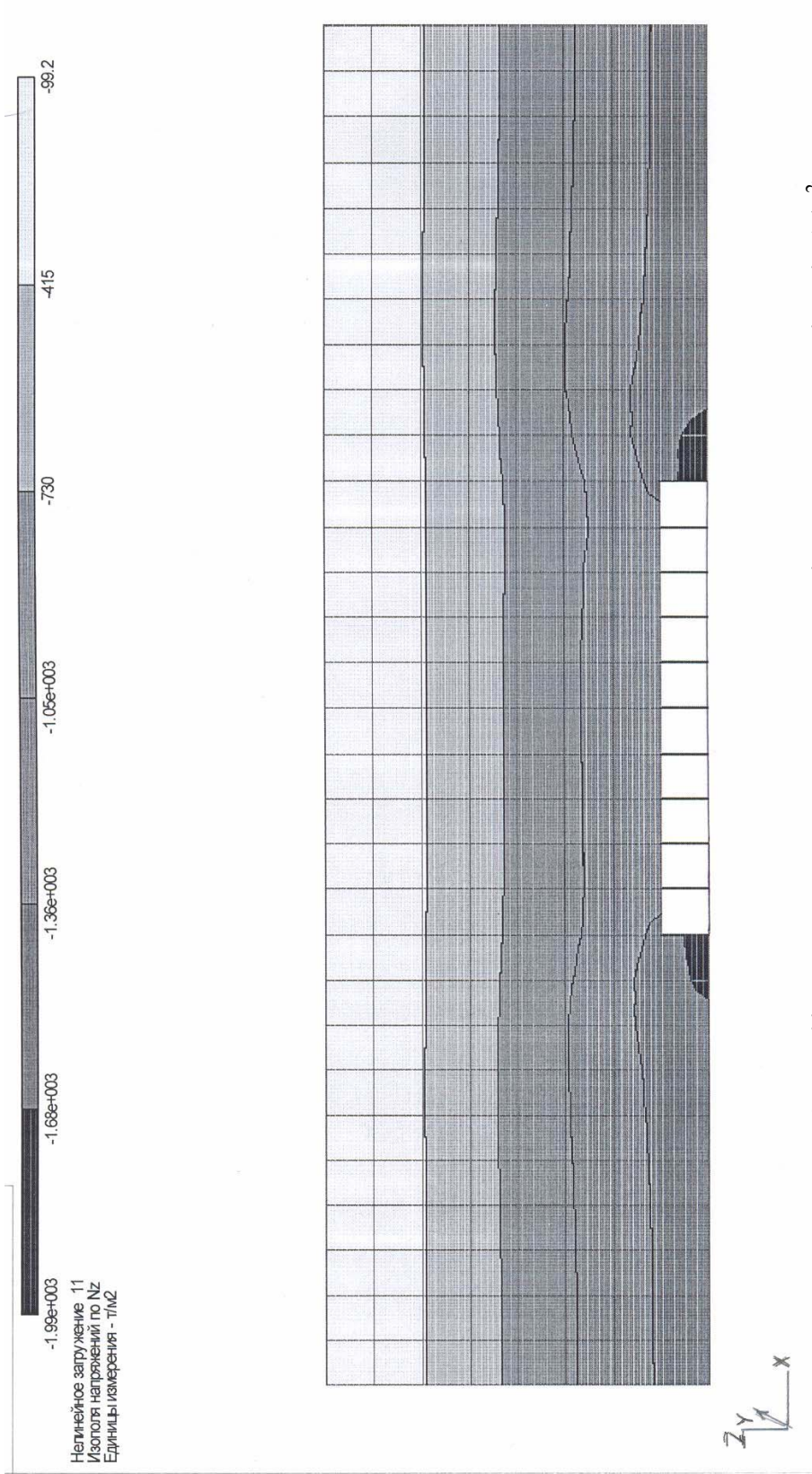


Рис. 3. Графики головных вертикальных напряг подрацьованої товщі порід (т/м²)

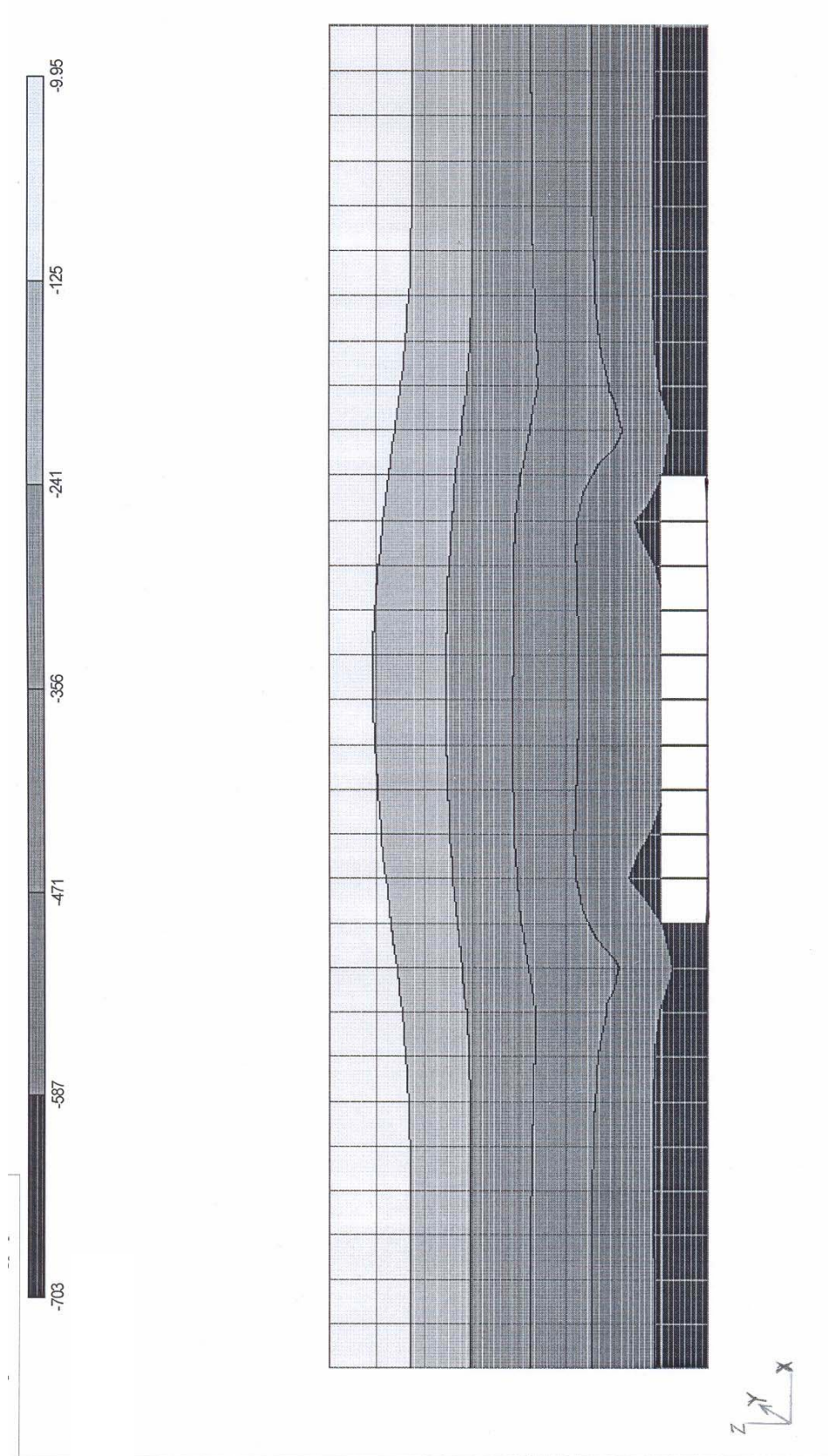


Рис. 4. Графіки головних горизонтальних напруг підтрацьованої товщі порід (т/м^2)

Література

1. **Ларченко В. Г.** Сдвигения и деформации подработанного массива горных пород. // зб. доп. міжнар. наук.-техн. конф. “Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості”, МОНУ, КТУ, том 1, 2004. – С. 93–96.

2. **Ларченко В. Г.** Исследование закономерностей и зависимостей максимальных деформаций земной поверхности при разработке свиты угольных пластов // Разработка рудных месторождений, МОНУ, КТУ. Вып. 89, – Кривой Рог, 2005. – С.59–61.

3. **Ларченко В. Г., Бородин Н. В.** Рекомендации по планированию горных выработок под объектами земной поверхности: сб. науч. тр. Вып. 19. – Алчевск : ДонГТУ, 2005. – С. 55–63.

4. **Ларченко В. Г., Короткова С. Е.** Расчет напряжений и деформаций толщи горных пород, покрытых мощными четвертичными отложениями. : сб. науч. тр. ДонГТУ. – Вып. 20. – Алчевск : ДонГТУ, 2005. – С. 139–150.

Larchenko V.G., Chernyh O.A.

Research of possibilities of finite elements method to determination of tensions and shifts of the developed layer of mountain breeds.

The results of mathematical modeling of main tensions and shifts in layers of the developed layer of mountain breeds by the finite elements method in moving are presented.

Key words: mathematical modeling, finite elements method, tensions, shifts, mountain breeds.