

Інж. С.А. Головка, м.н.с. Ю.Ю. Буліч,
канд. техн. наук Г.І. Ларіонов
(ІГТМ НАН України),
інж. П.Є. Мухін (ДонУГИ)

ЩОДО ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ МЕТАЛОПОЛІМЕРНИХ АНКЕРІВ

Эффективно противостоять горному давлению анкерная крепь может лишь при полном соблюдении требований технологии по ее установке и эксплуатации. Это обстоятельство накладывает жесткие требования к применяемому оборудованию. Так использование бурового оборудования для установки анкеров требует увеличенных крутящих моментов. Сделан анализ применяемой буровой техники для этих целей. Показано несоответствие технических характеристик, получившего в настоящее время широкое применение перфоратора ПП80НВ, для постановки металлополимерных анкеров.

ABOUT EQUIPMENT CHOICE FOR METAL-POLYMERIC ANCHOR INSTALLATION

Mining pressure problem is close connected with anchor bolting technology.. However adequate parameter bolting equipment is needed for it. Torque moment is one of them. Percussion and rotary drills analysis for the problem of bolting system is made. The non adequate parameters of PP80 type percussion drill for the roof bolting problem with metal-resin anchors is obtained.

Успішний світовий досвід використання анкерного кріплення у різноманітних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умовах показав, що воно є потужним технічним засобом, застосування якого спроможне змінити уявлення стосовно можливостей керування гірським тиском, в тому числі і в зонах впливу очисних робіт.

Практичний досвід, накопичений в Україні за останні роки [1], підтвердив, що сучасне анкерне кріплення дозволяє суттєво зменшити або зовсім усунути негативні наслідки, пов'язані невинним погіршенням гірничо-геологічних умов із збільшенням глибини розробки родовищ корисних копалин. Однак свої чудові технологічні властивості сучасний металлополімерний анкер в умовах порід вище першої категорії стійкості проявляє тільки при дотриманні достатньо жорстких вимог що до технології його встановлення. В першу чергу це стосується вимог нормативних документів к часу встановлення кожного анкеру, часу закріплення анкерного ряду в покрівлі виробки, відстані анкерного ряду від вибою виробки на час закріплення. Успіх сучасних анкерних технологій в умовах охорони підготовчих виробок на межі з відпрацьованим простором, а також при їх повторному використанню пов'язаний з виконанням додаткових технологічних умов. Але виконання вище названих вимог являється першочерговим і в цьому випадку. Технологічні параметри обладнання для буріння шпурів та встановлення анкерів при виконанні цих вимог мають вирішальне значення..

На початку виконання програми “Анкер” на Україні для встановлення анкерів застосовувалось спеціалізоване обладнання обертової дії на гідравлічному (НА 16/500) та пневматичному приводі (BAS 3.0/600D “King Cobra Bolter”, TURBO 1200/700 “ЕХСНЕМ” та інші. Особливістю застосування цього обладнання на наших шахтах була вимушена відмова від зрошення водою забою шпурів. Так сухе

буріння на шахті “Павлоградська” застосовувалось в глиноподібних аргілітах та алевролітах, щоб попередити можливість розмочування стінок шпура. На шахті “Красноармійська-Західна № 1” із-за структури достатньо міцних порід із вуглистими намівами зрошення приводило до різкого погіршення стану порід у вибою виробок, тому від нього теж відмовилися. Негативними наслідками цих рішень було збільшене пилоутворення, звуження області раціонального застосування обертового буріння, прискорений знос бурових різців. Це приводило до додаткового підвищення температури фіксуючої суміші при встановленні анкерів, більшої швидкості її затверджування. Як результат, встановлення анкерів потребувало більш жорстких вимог до обладнання та технології. Так на шахті ім. А.Ф. Засядько внаслідок підвищеної температури порід у виробках та дії факторів зумовлених відсутністю зрошення при бурінні були вимушені відмовитися від установа у шпури швидкостигнучої ампули. Цим порушувалися вимоги технології що до необхідності попереднього натягу анкерних штанг.

З розробкою та впровадженням у практику буріння анкерних шпурів вітчизняних бурових різців із твесаловими алмазовміщуючими вставками РШ 170-РШ183 виробництва ІНМ НАНУ область раціонального використання різців та обладнання обертової дії була розширена по за межі міцності порід 80 МПа майже до 190 МПа. Але для міцних тріщинуватих порід, а також для порід із високою абразивністю стійкість та ресурс різців РШ, вважаючи на ціну, ще недостатній.

Буріння шпурів та свердловин у гірських породах міцністю вище 80 МПа традиційно здійснюється обладнанням обертової ударної дії або ударно-поворотної дії. У зв'язку з цим накопичення досвіду по застосуванню такого обладнання для буріння шпурів під анкерування, а можливо і для встановлення анкерів, а також порівняльні іспити з обладнанням обертової дії є вкрай необхідним та своєчасним. Поява на ринку нової розробки ВАТ “Туламашзавод” перфоратора ПП80НВ з окремим планетарним пневмодвигуном та універсальної бурильної телескопічної установки УБТУ-1 дає таку можливість. Планетарний двигун у цьому обладнанні наближає принцип його роботи до обертової ударної дії. Відомо, що швидкість буріння при обертово-ударному бурінні шпурів в 5-7 разів вища за ударно-поворотне. Однак для забезпечення обертово-ударного буріння, як правило, застосовують значно більші зусилля подачі, чим ті, що може забезпечити установка УБТУ-1. Важливо зазначити, що при оптимальних формах бурових головок, які є проміжними між головками для ударно-поворотного буріння та різцями для обертово-ударного буріння, забезпечується буріння по породам значно ширшого діапазону міцності з коефіцієнтом міцності по Протодьяконову $f = 2-14$.

Враховуючи направленість роботи, будемо вважати, що процес вибурювання шпура не розглядається, а приймається як уже існуючий. Розглянемо більш уважно процес постановки анкера у шпур [1].

Міцність закріплення анкера у шпурі визначається міцністю речовини, що утворюється у результаті перемішування складових ампул. Для того щоб міцність речовини була найближчою до теоретичного значення, тобто найвищою, необхідно забезпечити необхідну якість перемішування.

Так, наприклад, для забезпечення якісного перемішування складових суміші і суцільної без будь яких порожнин його розташування у об'ємі між тілом штанги і

стінками шпура, тривалість перемішування вмісту двох складових ампул, а саме полімерної смоли із затверджувачем після досилання різака штанги у донну частину шпура не повинен перевищувати 20 секунд [1]. При скороченні тривалості перемішування всього на 5-8 секунд, тобто до 12-15 секунд, суміш не досягне необхідного ступеню однорідності і тому це призведе до утворення неоднорідної за міцністю речовини, а на ділянках із нестачею затверджувача і зовсім може знаходитись у напіврідкому стані.

Для забезпечення потрібної якості перемішування, крім навичок, необхідно користуватися обладнанням, яке спроможне забезпечити раціональні параметри для виконання цього процесу найкращим чином. У якості критерію для вибору бурового обладнання з успіхом може виступити величина його крутного моменту.

Так склалося, що у практичній діяльності на шахтах України бурове обладнання, яке раніше використовувалось за прямим призначенням, намагаються використовувати одночасно і для постановки анкера. Використання обладнання одночасно для обох технологічних операцій і для вибурювання шпура і для постановки анкера безумовно має значний економічний ефект і технологічну зручність. Однак, виникає деяке протиріччя у вимогах до бурового обладнання для ведення процесів буріння і постановки анкерів. На шахтах України найбільшого поширення набуло бурове обладнання іноземного виробництва різних типів і принципів дії з різними значеннями крутних моментів (див. табл. 1).

Таблиця 1. Технічні характеристики бурового обладнання

Фірма, тип	Кількість ступ.	Тиск, $\frac{\text{кГ}}{\text{см}^2}$	Число обертів об/хв.	Крутний момент, Нм	Зусилля подачі, кН 1, 2, 3 ст.	Мін. довжина, мм	Роздвіжність, мм	Вага, кг
BAS 3.0/600D; King Cobra Bolter	3	6,0	900	339	11,34 9,07 6,05	1200	1600	39
TURBO 1200/700; EXCHEM	3	6,2	600	200	8,25 6,33 4,73	1200	2600	38
HA 16/500; SCHMIDT, KRANZ & Co; GMBH (*гідравл.)	2	200*	600	200	- 5,00	-	1360	-
УБТУ-1+ПП80НВ ТУЛАМАШЗАВОД	2	5,0	200	45	- 1,00	1600	1200	20 + 30 = 50

Визначення величини мінімально потрібного значення крутного моменту, який забезпечує необхідні умови для перемішування складових ампул і тим самим створює умови для надійного встановлення анкера у шпур є важливою задачею для збереження необхідних умов його встановлення.

Важливого значення у технології встановлення анкера при поступовому введенні штанги анкера у шпур, набуває надання йому необхідної частоти обертання й

зусиль подачі.

У процесі постановки металевго анкера з фіксуючою речовиною у вигляді поліефірної смоли важливого значення у подальшому набувають конструктивні особливості анкера. Розглянемо більш детально перелік складових необхідного крутного моменту.

$$L_{кр} = L_{тертя} + L_{в опору} + L_{о ампули} ,$$

де $L_{кр}$ - необхідний крутний момент; $L_{тертя}$ – крутний момент, необхідний для подолання сил тертя, що виникають при обертанні тіла штанги з контуром шпура; $L_{в опору}$ – крутний момент, необхідний для подолання сил в'язкого опору; $L_{о ампули}$ – крутний момент, необхідний для подолання опору, який чинять спорожнілі оболонки ампул при обертанні їх навколо осі.

Моменту опору, що спричинений наявністю у шпурі спорожнілих оболонок ампул та фіксуючих втулок ампул залежить від конструктивних параметрів різака анкера та швидкості обертання штанги анкера.

Враховувати вплив різних конструктивних особливостей різаків досить важко, тому для збереження об'єктивності при отриманні необхідних значень крутних моментів будемо нехтувати цим впливом. Стосовно впливу на величину крутного моменту сил опору на тертя, можна лише відмітити його залежність від стану бічної поверхні шпура, штанги анкера й частоту обертання її навколо осі. Беручи до уваги складність врахування якісних характеристик поверхні шпура, цією складовою моменту сил опору також будемо нехтувати.

Як результат цих спрощень, будемо розглядати залежність моменту сил опору пропорційним величині моменту опору, який спричинений в'язкою природою фіксуючого складу речовини. Зрозуміло, що результатом цих спрощень, тобто нехтування доданками у виразі для моменту сил опору є те, що отримані значення моменту сил опору будуть занижені і будуть являти собою лише нижню його межу. Тобто, можна записати:

$$L_{кр} = L_{в опору} .$$

Розв'язок задачі про визначення мінімально можливих значень крутного моменту, за врахування реальних процесів, є досить складною задачею, яка може бути розв'язана лише за певних припущень .

В даній задачі робиться наступне припущення: у шпурі ампули з фіксуючою сумішшю відсутні. Уся речовина, що знаходиться у ампулах зосереджена у шпурі і займає об'єм шпура, при його повному заповненні, лише на довжині 0,925 метра. У цьому випадку стає можливим скористатися добре розробленим апаратом механіки рідини [4].

Рівняння Стокса, у цьому випадку, для нестискаємої в'язкої рідини за найпростішою моделлю Ньютона у векторній формі має вигляд [4]:

$$\frac{\partial \bar{V}}{\partial t} + (\bar{V} \cdot \nabla) \bar{V} = \bar{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad} P + \nu \nabla^2 \bar{V} \quad (1)$$

Умова нестискаємості рідини може бути подана у вигляді:

$$\text{div} \bar{V} = 0 \quad \text{або} \quad \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 . \quad (2)$$

Рух в'язкої смоли під час обертання штанги анкера у її середовищі [4] подібний до руху рідкої мастильної рідини у зазорі між валом, який обертається і непорушною частиною підшипника. Враховуючи колінарність геометричних осей круглого циліндричного вала і непорушної поверхні, розглянемо рух в'язкої рідини між двома коаксіальними циліндрами радіусів R і R' (див. рис. 1), що обертаються з різними кутовими швидкостями ω і ω' .

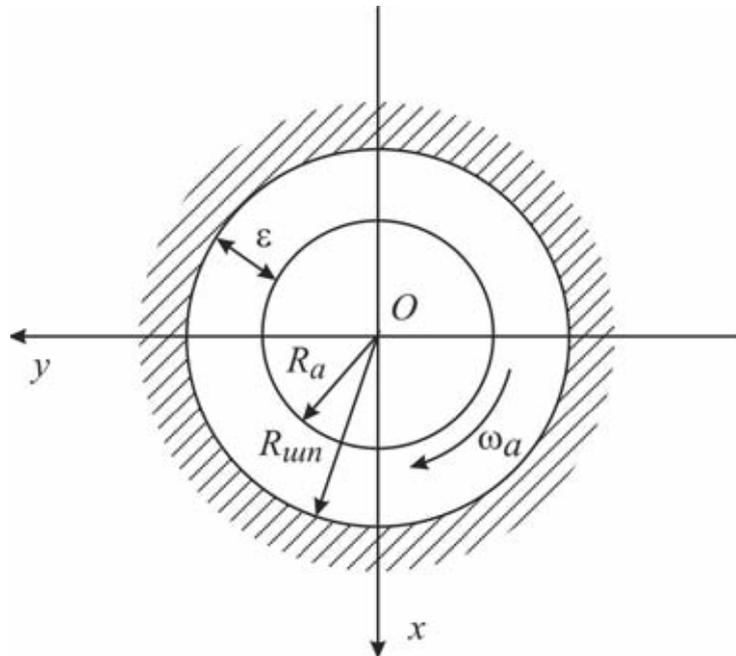


Рис. 1 – Розрахункова схема до обчислення моменту опору.

Вважаючи рух стаціонарним, і таким, що відбувається по концентричним колам, які розташовані у площинах перпендикулярних до загальної осі циліндрів, з урахуванням симетрії отримаємо:

$$V_r \equiv 0; \quad V_{z=0}; \quad \frac{\partial}{\partial \varphi} \equiv 0; \quad \frac{\partial}{\partial z} \equiv 0.$$

Тоді рівняння Стокса (1) може бути зведене до системи звичайних диференціальних рівнянь, розв'язок якої, за граничних умов

$$V_\varphi = R\omega \text{ при } r = R, \quad V_\varphi = R'\omega' \text{ при } r = R'$$

дає змогу записати вираз для дотичних напружень, що виникають за наявності в'язкого тертя у кільцевому шарі, у вигляді:

$$\tau_{r\varphi} = -2\mu \frac{(\omega - \omega')R^2 R'^2}{(R'^2 - R^2)r^2}. \quad (3)$$

Сумарний же момент відносно осі обертання сил тертя по колу радіуса r буде мати вигляд не залежний від цього радіуса:

$$L_p = \int_0^{2\pi} \tau_{r\varphi} r^2 d\varphi = -4\pi\mu \frac{(\omega - \omega')R^2 R'^2}{R'^2 - R^2}. \quad (4)$$

Поклавши у (4) $\omega' = 0$; $R' - R = R_{ун} - R_a = \varepsilon$ і, вважаючи зазор між циліндрами ε суттєво меншим у порівнянні з радіусами циліндрів, остаточно отримаємо формулу для визначення моменту сил опору в'язкої рідини обертанню:

$$L_p = -4\pi\mu \frac{\omega_a R_a^2 (R_a - \varepsilon)^2}{\varepsilon (R_{ун} + R_a)} \approx -\frac{2\pi\mu\omega_a R_a^3}{\varepsilon}, \quad (5)$$

де μ - динамічний коефіцієнт в'язкості; R_a - радіус анкера; $R_{ун}$ - радіус шпура; ω_a - кутова швидкість обертання штанги анкера у шпурі, $\omega_a = 2\pi n$; n - частота обертання штанги анкера у шпурі.

Іншими словами, крутний момент пропорційний динамічному коефіцієнту в'язкості μ і обернено пропорційний ширині зазору між циліндрами ε .

Результати обчислень згідно приведених формул представлені на рисунках 2-3.

Так на рис. 2 представлені залежності величини моменту опору рідини L_p від глибини занурення анкера l для різних частот його обертання.

Похилими лініями зображено залежності крутного моменту для різних значень частоти обертання. Горизонтальними лініями зображено величини максимальних крутних моментів для бурових станків, які набули найбільшого поширення на шахтах Донбасу. На рис. 2а і рис. 2б відповідно розглянуто залежності для однієї рідини, але за умов різної динамічної її в'язкості. Фактично розмова йде про врахування процесу затверджування суміші, що призначена для фіксації штанги анкера у шпурі. Похилі лінії відображають залежність крутного моменту необхідного для обертання в рідині штанги анкера в залежності від частоти її обертання при його постановці. Так аналіз рис. 2а показує, що крутного моменту бурового станка ПП80НВ достатньо для постановки анкера лише при обертанні анкерної штанги з частотою що не перевищує 50 об/хв. та суміші з початковою динаміч-

ною в'язкістю. Для наведених типів бурового обладнання обмеження частоти обертання рівнем 200 об/хв. діє лише для станків типу Turbo. Початок процесів затверджування фіксує суміші (динамічна в'язкість на рівні 700) обмежує максимально допустиму частоту обертання бурового обладнання частотою 100 об/хв. і зовсім унеможлиблює постановку анкера буровим станком типу ПП80НВ.

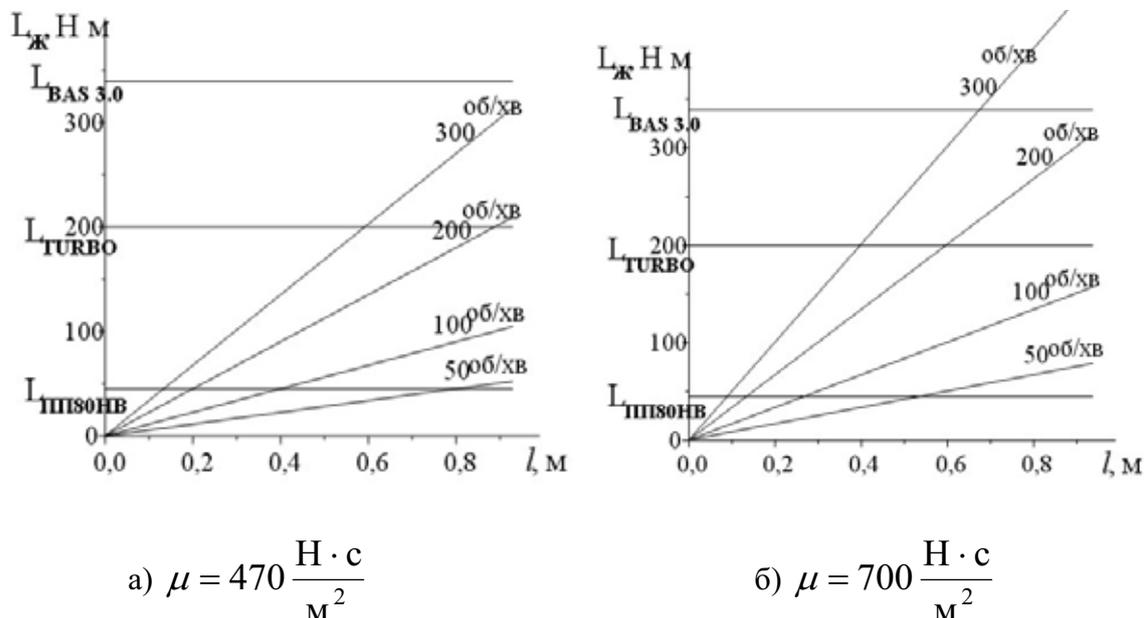


Рис. 2 – Залежність величини моменту опору рідини L_p від глибини занурення анкера l для різних частот його обертання

На рис. 3 представлена залежність крутного моменту від величини заглиблення штанги анкера у фіксує речовину. Аналіз отриманих залежностей ще раз підтверджує факт неможливості достатнього заглиблення штанги анкера у шпур навіть при мінімальних обертах, що не перевищують 50 об/хв. та мінімального значення динамічної в'язкості фіксує рідини.

Аналіз залежностей зображених на рис. 3 демонструє недостатність моменту бурового станка ПП80НВ для належного заглиблення штанги анкера у шпур навіть для початкового значення динамічної в'язкості фіксує суміші.

Доцільність використання бурової техніки одночасно і для постановки анкера не викликає сумнівів. Однак сама проблема буріння гірських порід не є простою. Так для забезпечення буріння слабких і середньої міцності гірських порід оптимальним режимом буріння є обертання. Водночас бурові станки такого типу є не ефективними для буріння міцних порід.

Бурові станки ударного принципу дії (перфоратори) є більш ефективним для міцних гірських порід. Зрозуміло, що буровий станок який міг суміщати ці два режими був би більш ефективним ніж окремо станок кожного з типів.

Одним із варіантів рішення цієї проблеми міг бути варіант однієї пневматичної стійки з наявністю можливості оперативної заміни бурової головки одного типу на інший. Буріння шпурів у породах найбільшого діапазону міцності забезпечується станками обертово-ударної дії, але при значному зусиллі подачі, яке може бути досягнутим сучасними багатоступеневими пневмостійками, які виготовлені

з композитних матеріалів на основі вуглецевої тканини.

Для покращення ефективності використання установки УБТУ-1 з перфоратором ПП80НВ при бурінні шпурів по відносно слабких породах із коефіцієнтом міцності менш ніж 6-8, потрібні спеціальні різці.

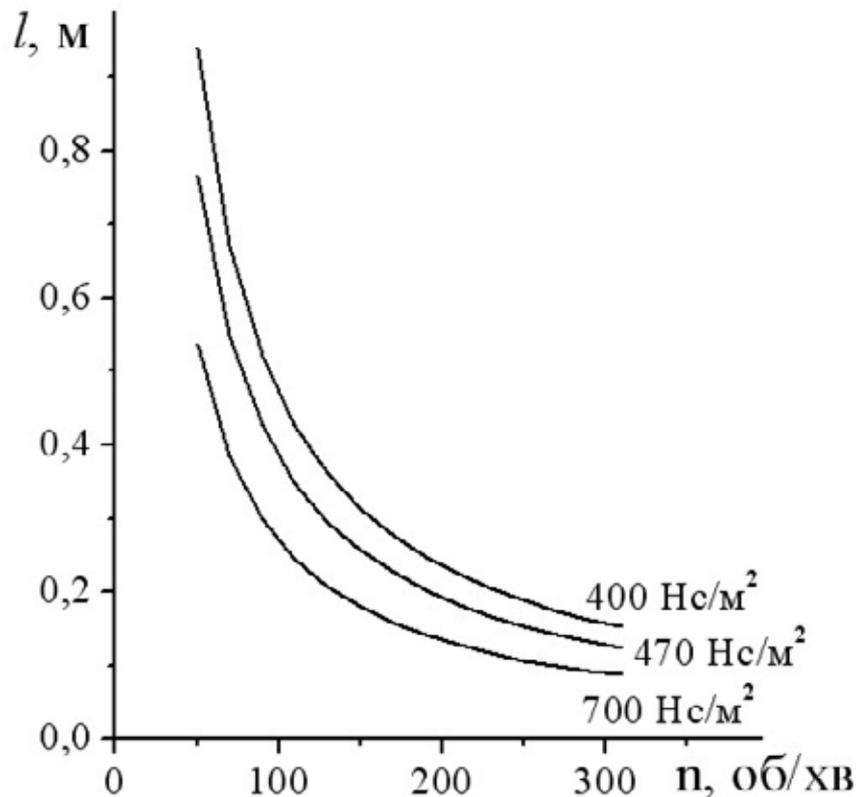


Рис. 3 – Залежність глибини занурення анкера l від частоти обертання штанги бурового станка ПП80НВ для різних значень величин динамічної в'язкості

Процедура постановки анкера, у свою чергу, накладає свої специфічні вимоги до обладнання, яке застосовується для цього. Такими умовами є :

- по-перше, наявність значного крутного моменту;
- по-друге, наявність значних зусиль подачі;
- по-третє, частоту обертання не нижче 300 об/хв.

Таким вимогам у повній мірі відповідає бурове обладнання, спеціально сконструйоване для постановки металевих анкерів з фіксацією їх поліефірними смолами - буровий станок ВАС-3.0.

Використання станка типу ПП80НВ одночасно і для буріння шпурів і для встановлення металополімерних анкерів, як доводять проведені дослідження та підтверджується практичним досвідом застосування, наприклад на шахті ДАТ Білоріченська, не є ефективним. Станок має занадто малий крутний момент, що унеможливорює якісне перемішування складових ампул. Невідповідність основних силових параметрів розрахунковим призводить до суттєвих порушень технології встановлення анкеру, не дає змоги досягти сталих нормативних величин несучої здатності анкерів сучасного технічного рівня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат А.Ф., Виноградов В.В. Опорно-анкерне кріплення гірничих виробок вугільних шахт / Ін-т геотехнічної механіки НАН України.-Дніпропетровськ, 2002. - с. 372.
2. Виноградов В.В. Геомеханика управления состоянием массива вблизи горных выработок. К.: Наук. думка, 1989. - с. 192.
3. КД 12.01.01.501-98 Система забезпечення надійного та безпечного функціонування гірничих виробок із анкерним кріпленням. Загальні технічні вимоги: - Минуглепром України, 1998.
4. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1973. - с. 847.
5. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. - М.: Наука, 1972. - с. 720.

УДК 624.131.383.042/.044

Д-р техн. наук, проф. В.Д. Петренко,
инж. Т.А. Селихова,
канд. техн. наук, доц. А.Л. Тютюкин
(ДИИТ)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТОЛЩИНЫ СЛАБОГО СЛОЯ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ОСНОВАНИЯ

У статті наведені результати дослідження впливу товщини слабого шару ґрунту на напружено-деформований стан основи із застосуванням методу скінченних елементів. Проаналізовано закономірності розподілу напружень та переміщень моделі в залежності від варіації товщини слабого шару.

RESULTS OF WEAK LAYER THICKNESS INFLUENCING RESEARCH ON THE TENSELY-DEFORMED STATE OF FOUNDATION

In the article the results of research of weak thickness of soil layer on the tense-deformed state of foundation by the finite elements method are resulted. Conformities to the law of distributing of tensions and moving of model depending on variation of weak layer thickness are analyses.

Использование модели основания в виде однородного изотропного тела исключает некоторые свойства, которые ему присущи, а именно – неоднородность и анизотропию. Свойство анизотропии достаточно сложно отобразить в математической модели основания, причем некоторые авторы доказывают незначительные изменения, которые соответствуют учету этого свойства [1-3]. В то же время неоднородность грунтового основания существенно влияет на распределение НДС при его совместной работе с сооружением, что доказано многими исследователями [4,5]. Прогноз и определение НДС основания при напластовании также усложняется в случае сложного или несогласного залегания слоев, а также в случае линз. Также следует отметить, что особую сложность при исследовании таких оснований составляет отсутствие достаточно простых аналитических моделей, так как учет разных слоев в одной области (основании) аналитическими методами затруднен. Поэтому особую роль в исследовании такого рода оснований играют численные методы, в частности, метод конечных элементов. Большую проблему исследования слоистых оснований можно видеть в недостаточности информации предварительных исследований. В имеющихся исследованиях рассматриваются довольно специфические случаи слоистости [6, 7] или они просто немногочис-