

УДК 628.1

ВОДОПОСТАЧАННЯ І ЕКОЛОГІЯ МІСТ ЦЕНТРАЛЬНОГО ДОНБАСУ

Грабар О.В.

Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ "ДонНТУ", м. Горлівка

АНОТАЦІЯ: Висвітлена актуальна соціальна і екологічна проблема водопостачання міст Центрального Донбасу та великих втрат питної води через пориви водопроводів на уступах земної поверхні підроблених територій. Розглянута методика прогнозування місцеположення уступів в плані з використанням геологічних матеріалів і запропонована нова модель утворення кривизни на уступі в шарі наносів.

АНОТАЦИЯ: Освещена актуальная социальная и экологическая проблема водоснабжения городов Центрального Донбасса и больших потерь питьевой воды из-за порывов водопроводов на уступах земной поверхности подработанных территорий. Рассмотрена методика прогнозирования местоположения уступов в плане с использованием геологических материалов и предложена новая модель образования кривизны на уступе в слое наносов.

SUMMARY: The vital social and ecological problem of Central Donbass' cities water-supply and large drinking-water losses caused by out-breaks of water-pipelines on earth surface ledges of digging out territories is examined. The methods of ledges location forecast in the draft with the use of geological materials are considered and a new model of curve formation on the ledge in a drift layer is offered.

Постановка проблеми. В надто бідній запасами місцевих водних ресурсів Україні (менше 1 тис м³ на одного жителя в рік) Донбас знаходиться на одному з останніх місць. Вода численних малих річок, ставів та водоймищ є незадовільною за багатьма санітарними та бактеріологічними показниками.

Такими є наслідки потужного техногенного навантаження на ріки та водні джерела. До 80 млн. м³ стоків щорічно скидається підприємствами у ріки та водоймища м. Горлівки, з них тільки шахтами – більш 12 млн. м³

підземних вод, в яких, за даними "Укрвуглегеології", кількість солей важких металів перевищує допустиму в 10-15 разів. Забої на колекторах каналізаційних систем та аварії на насосних станціях призводять до бактеріального забруднення річних вод.

Тому, незважаючи на те, що природні водоймища та річки в місті є, але придатною для водозабезпечення вважається лише 10-та їх частина. Ось чому таке велике значення для водозабезпечення центральних та південних районів Донбасу має канал "Сіверський Донець – Донбас". Довжина тільки горлівської його ділянки 27 км, по якій щодобово перекачується понад 2 млн. м³ води. Такий великий об'єм має свій споживчий "ліміт", зумовлений не тільки природним водозабором питної води, але ще й непорівняно більшою витратою води на промислових підприємствах майже 20 крупних міст Донеччини.

Щоденно місто потребує 195 тис. м³, і в Горлівці ситуація з водою залишається напруженою. Витрати води на комунікаціях через постійні розриви складають до 44%. У місті 1300 км водопровідних та каналізаційних мереж. Понад 80% з них є спрацьованими, і мають не тільки 2, і навіть 3 строки експлуатації, вони виходять із ладу і самі по собі, і цьому сприяють деформації земної поверхні, місто більше ніж на 60% розташовано на гірничих відводах, а на шахтах "Кочегарка" та імені Леніна ця цифра більше 80%. На гірничих відводах цих шахт відбувається найбільша кількість аварій. Наприклад, у 1989 році на гірничих відводах шахти "Кочегарка" було зафіксовано 500 аварій водопроводу, а на відводах шахти імені Леніна – 300 аварій водопровідних та 40 аварій каналізаційних мереж.

Працівники санепідемстанції міста вважають, що розриви каналізації та затоплення підвалів при несправних мережах водопроводу підвальних розводок та систематичних відключеннях води може призвести до засмоктування у мережу водопостачання каналізаційних стоків, що загрожує екологічним лихом.

Однією з вагомих причин аварій на трубопроводах водопровідної мережі є зосереджені деформації у вигляді терасоподібних уступів висотою до 50-60 см, що утворюються на земній поверхні при розробці свит крутих пластів Центрального Донбасу. Вони витягнуті вздовж простягання пластів гірських порід на декілька кілометрів у вигляді смуги шириною до 10 м.

Незнання точного місцеположення уступів в плані призводить до збільшення витрат в усіх елементах інфраструктури міст, розташованих на підроблюваних територіях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Понад 30 років прогнозування місцеположення уступу в плані вважалось неможливим. Згідно з нормативними документами по забудові підроблюваних територій

[1] розрахункове місцезнаходження уступу приймають там, де виникають найбільші навантаження в несучих конструкціях або максимальний крен споруди. Такий підхід далекий від оптимального, бо викликає необхідність забезпечення значного запасу міцності всієї споруди, а для трубопроводів він надто затратний.

Утворення уступу свідчить про наявність у даному місці порушень у геологічній структурі. Подальше розширення обсягів гірничих робіт веде до збільшення висоти – основної і найбільш небезпечної характеристики уступів.

Дослідження для розробки методики прогнозування місця утворення уступів за геологічними умовами, що виконуються у АДІ Дон НТУ з 1990 р. виявили можливість імовірнісного прогнозу положення уступів в плані. Було виконано статистичну обробку матеріалів маркшейдерських спостережень і аналіз планів трас уступів та геологічних розрізів масштабів 1:1000-1:5000 на 9 створах п'яти шахт південного крила Головної антикліналі Донбасу.

Запропоновано [2] за геологічними умовами по місцях утворення уступів розділяти їх на 3 групи:

I – на контактах різних літологічних типів порід;

II – на виходах вугільних пластів;

III – на тріщинах суцільного масиву однієї породи.

Для першої групи обчислені кількісні залежності для знаходження планового положення великих уступів. Показано, що 57,9% їх утворюються на контактах пісковика з сланцями, тобто з більш слабкими по міцності породами.

Для другої групи 65,6% уступів утворилося в умовах, коли породами покрівлі і ґрунту були сланці, а для третьої групи 12,6% уступів утворились в піщаному сланці 48%, в глинистому сланці 29% та в пісковиках – 19%.

Отримані також дані, необхідні для розробки проектів забудови підроблених площ Донбасу, а саме, кількість контактних пар на 1 км створу навхрест простягання (59,4); усіх уступів на 1 км створу (39,5); великих уступів на 1 км створу (13,2); всіх уступів на контактну пару (0,66); великих уступів (більш 10 см) на одну контактну пару (0,22).

Виходячи із ширини смуги, яку займає уступ, за нормативними документами – 10 м, обчислена імовірність утворення уступу в будь-якій наперед заданій точці створу дорівнює 0,11, а імовірність утворення великого уступу складає 0,025.

Виконані дослідження дозволяють технічно обґрунтовано вирішувати питання розміщення будинків та інженерних комунікацій при розробці проектів детального планування мікрорайонів і при обов'язковій наявності крупномасштабних розрізів навхрест простягання. Поняття

імовірності утворення уступів слід використовувати для економічних оцінок при забудові підроблених територій.

Знання трас уступів на підроблених територіях має велику практичну цінність для вирішення питань проектування і будівництва промислових споруд, будинків, мереж трубопроводів та встановлення на них захисних компенсаторів для сприйняття небезпечних деформацій.

Наявність великого обсягу матеріалів геологічних розвідувальних робіт в архівах геолого-розвідувальних підприємств дає можливість проектного трасування уступів без виконання комплексу трудомістких маркшейдерських робіт. Чітку характеристику гірських порід дають стратиграфічні колонки.

Приведені дослідження дають можливість достатньо точно провести на планах майбутніх ділянок забудови підроблених територій траси великих уступів, що безперечно дасть економію на конструктивних будівельних захисних заходах.

В нормативних документах, на основі яких виконувалась забудова споруд на підроблених територіях [1,3], висота уступу, що утворився як результат нерівномірних осідань суміжних блоків гірських порід, обчислюється з геометричних позицій – через величину максимального нахилу в півмульдї зрушень. Вперше висота уступу з цих міркувань була обчислена М.А.Юфісом в 1960 р. і згодом в удосконаленому вигляді потрапила в “Правила охрани...” [3].

$$h_y = 10 \cdot C_2 \cdot \ell_y \cdot i_2 \left(\frac{\alpha}{\rho} - 0,6 \right)^2 \leq 0,3\eta_m, \quad (1)$$

де C_2 – коефіцієнт, пов’язаний з ступенем метаморфізму гірських порід – найбільш невизначена величина;

ℓ_2 – відстань між уступами, яка при відсутності даних, що частіше має місце, приймається рівною 30 м, що теж мало обґрунтовано;

α – кут падіння пластів;

ρ – радіан;

η_m – максимальне осідання.

З тих же передумов виведені і формули ВНДМІ [4], Ю.М.Гавриленко [5] та В.І.Черняєва[6].

Але фактичні висоти уступів майже завжди виявлялись меншими прогнозованих за формулами наведених авторів. Тому свідчить 30-річний досвід досліджень, проведених в АДІ ДонНТУ. Справа в тому, що уступ, який ми фіксуємо на поверхні, є результатом взаємодії сходинки, утвореної корінними породами при їх консольному прогинанні і шаром наносів четвертинного періоду, який і являється основою і середовищем для розміщення в ньому і на його поверхні споруд – фундаментів будівель, дорожнього одягу автомобільних доріг, верхньої будови залізниць, трубопроводів і кабелів підземних комунікацій.

Виклад основного матеріалу дослідження. Модель утворення локальної кривизни земної поверхні в шарі наносів четвертинних порід (чохла наносів), розміщених над двома блоками корінних порід, один з яких просідає швидше, а другий зависає, можна представити (рис. 1, а), її розрахункову схему – (рис. 1, б), внутрішні зусилля в цьому шарі – (рис. 1, в) і деформації прогину його нейтральної лінії – (рис. 1, г) мотивуючи це тим, що шар наносів над зависаючим блоком створить певну опорну зону, яку можна представити защемленням, а на ділянці контакту їх з блоком, що опускається – шарнірно-рухомою опорою. Це одна з характерних типових схем прогину статично невизначених балок і має ряд характерних точок з відомими для них значеннями внутрішніх зусиль і деформацій [7].

Для розрахунків кривизни земної поверхні, утвореної прогином шару наносів під дією власної ваги, виріжмо в шарі наносів висотою h паралелепіпед одиничної ширини (1 м) довжиною ℓ . Він буде мати вагу $\gamma h \ell$, а рівномірно розподілене навантаження власної ваги $q = \gamma h$.

Довжина ділянки утворення уступу ℓ може бути визначена за формулою:

$$\ell = \sqrt{m^2 + h_y^2 + 2mh \cos \alpha}, \quad (2)$$

де m – потужність (товщина) нижнього сповзаючого блоку гірських порід;

h_y – висота уступу в корінних скелястих породах – та що визначається за формулою (1);

α – кут падіння порід.

Досвід спостережень показує, що уступи значної висоти (більше 10 см), що служать причиною деформацій розміщених на них споруд, виникають в умовах, коли контактують корінні породи з дуже різними показниками міцності (коефіцієнт М. М. Протодьяконова) великої потужності.

Як показують результати обчислень, в таких випадках з достатнім ступенем точності можна приймати $\ell \approx m$.

Як відомо, кривизна змінюється прямо пропорційно згинальному моменту і обернено пропорційно величині EJ_z , яка називається жорсткістю балки на згин [7]:

$$K = \frac{1}{\rho} = \frac{M}{EJ_z}. \quad (3)$$

Для прийнятої нами розрахункової схеми згинальний момент в будь-якому перерізі балки рівний [8]:

$$M_x = q\ell \left(\frac{5}{8}x - \frac{1}{8}\ell - \frac{x^2}{2\ell} \right). \quad (4)$$

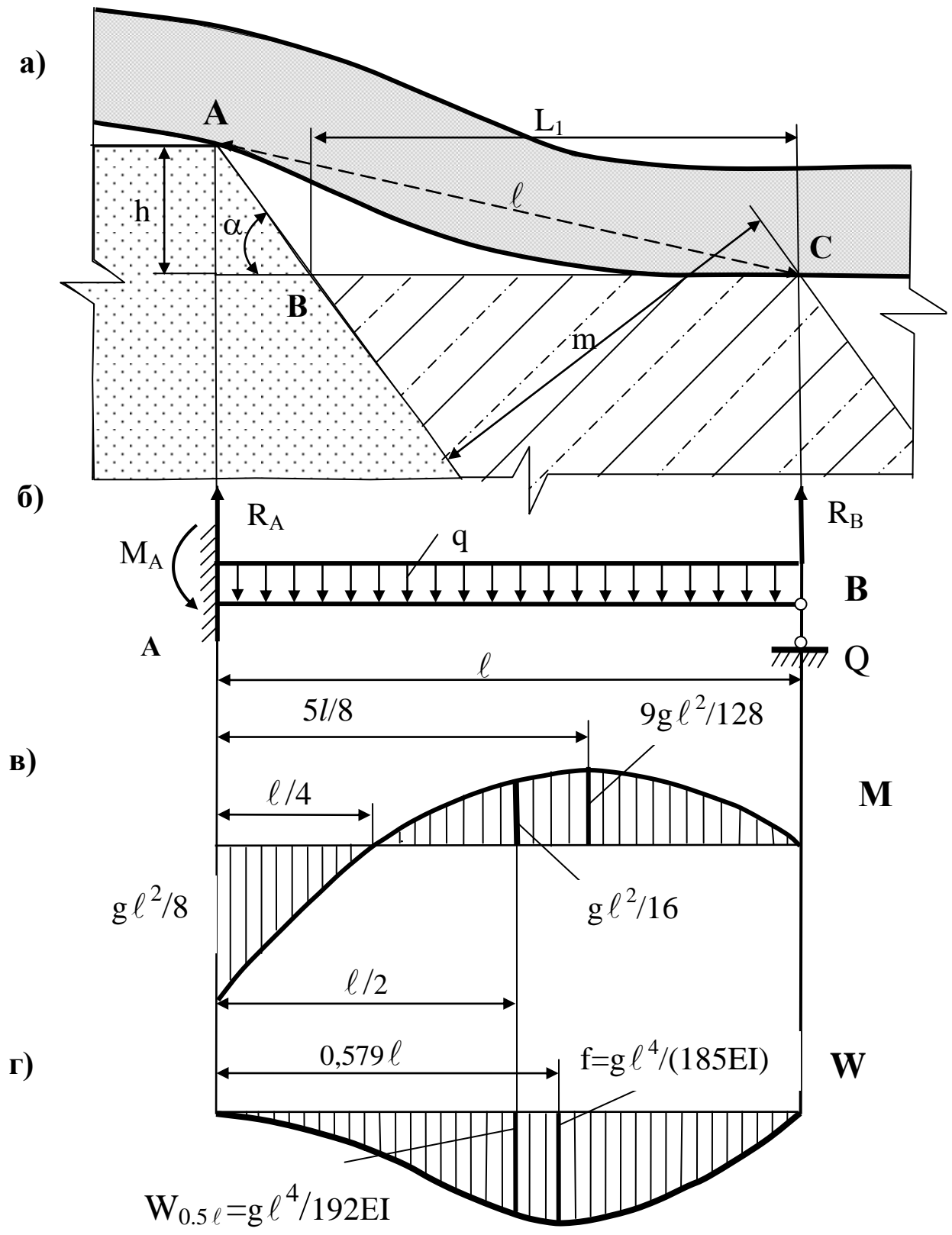


Рисунок 1 – Модель утворення уступу в шарі наносів.

При прийнятих допущеннях $J_z = h^3/12$, а загальний вигляд формули кривизни уступу (для нейтральної лінії шару наносів) буде мати вигляд:

$$K = \frac{12\gamma\ell}{Eh^2} \left(\frac{5}{8}x - \frac{1}{8}\ell - \frac{x^2}{2\ell} \right). \quad (5)$$

Як видно з приведеної на рис. 1 в) епюри згинальних моментів, максимальна кривизна опуклості буде при $x = 0$, а увігнутості – при $x = 5\ell/8$:

$$K_{01} = \frac{1.5\gamma\ell^2}{Eh^2}; \quad (6)$$

$$K_{02} = \frac{0.844\gamma\ell^2}{Eh^2}. \quad (7)$$

Таким чином, кривизна опуклості K_{01} (знак «мінус», одержаний з формули (5), опущено) завжди більше кривизни увігнутості в $r = 1,78$ раз.

Різні величини опуклої і угнутої кривизни підтверджуються даними зйомок уступів, що наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 - Характеристики максимальної кривизни уступів

№ п/п	Вулиця, положення уступу, № репера, будинку	Місце зйомки, поверхня	Висота, мм	Максимальна кривизна		r
				K_{01}	K_{02}	
1	Переяславська, Рп 23	Проїзна частина	322	340	164	2,07
2	Ярославського, шк. №5	Проїзна частина	250	420	272	1,54
3	Б. Димитрова, Рп 85	Проїзна частина	340	180	340	1,89
4	Ярошенко	Проїзна частина	210	264	144	1,83
5	Фестивальна	Проїзна частина	156	140	220	1,57
6	Матросова, Рп 71	Проїзна частина	105	276	164	1,68
7	Матросова, Рп 87	Проїзна частина	156	116	168	1,45
8	Матросова, Рп 121	Тротуар	430	284	236	1,20
9	Матросова, Рп 137	Тротуар	235	172	140	1,23
10	Матросова, Рп 153	Тротуар	219	276	216	1,28
11	Болотнікова, Рп 170	Тротуар	562	464	584	1,26
12	Болотнікова, Рп 170	Проїзна частина	200	120	96	1,25
13	Болотнікова, Рп 192	Тротуар	270	644	360	1,78
14	Галілея	Проїзна частина	210	172	272	1,58
15	Кутузова	Проїзна частина	244	760	460	1,65
16	Канал "Сіверський Донець - Донбас"	Інсп. дорога. Пр. част	250	88	156	1,77
17	Гагаріна-2	Проїзна частина	260	136	96	1,42
18	Леніна-15	Тротуар	200	136	204	1,50
19	Піонерська-2	Проїзна частина	170	128	108	1,18
20	Комсомольська	Проїзна частина	200	80	52	1,54
Середнє r:						1,53

Різниця величин опуклої і увігнутої кривизни підтверджується численними даними зйомок уступів з точністю близько 14%

Дані таблиці 1 показують, що у реальних уступів на поверхні наносів кривизна може бути нерівною між собою, на відміну від раніше прийнятих моделей, що і доведено формулами (10) та (11). Пробні розрахунки показують, що це має місце в залежності від співвідношення величин радіусів кривизни уступів і товщини шару наносів. Крім того, встановлено суттєвий вплив рельєфу на ці співвідношення. Середнє значення $r = 1,53$ відрізняється від теоретичного на 14%. У першому наближенні це можна вважати прийнятним для такої кількості факторів, що впливають. Для уточнення необхідні подальші дослідження.

Слід зазначити, що у прийнятій моделі утворення уступу, крім розрахункової схеми (один раз статично невизначена балка) умовним є і допущення про те, що шар наносів є пружним. Реально наноси, досліджені на шахтних полях м. Горлівки, переважно пружно-пластичні - суглинки або глини. Крім того, залежності (7)-(9) відносяться до нейтрального шару умовної ґрунтової балки, а кривизну уступу при інструментальних зйомках вимірюють на поверхні цього шару.

При цьому слід зазначити, що в прийнятій моделі утворення уступу, крім самої розрахункової схеми (один раз статично невизначена балка) умовним є допущення що шар наносів являється пружним. Наноси на шахтних полях м. Горлівки являють собою переважно суглинки або глини, тобто є пружно-пластичними.

Крім того, залежності (5) - (7) відносяться до нейтрального шару виділеної умовної ґрунтової балки, а кривизну уступу при інструментальних зйомках ми фіксуємо на поверхні цього шару. Для переходу до формули кривизни на поверхні уступу необхідно перейти до рівняння радіусу кривизни і від одержаного виразу відняти $h/2$, тобто

$$R_y = \frac{Eh^2}{12\gamma\ell\left(\frac{5}{8}x - \frac{1}{8}\ell - \frac{x^2}{2\ell}\right)} - \frac{h}{2}. \quad (8)$$

Тоді кривизна на поверхні уступу буде рівна $K_y = \frac{1}{R_y}$, або

$$K_y = \frac{1}{\frac{Eh^2}{12\gamma\ell\left(5/8x - 1/8\ell - x^2/2\ell\right)} - h/2}. \quad (9)$$

Одержані формули дозволяють визначити прогнозу величину кривизни як на поверхні ґрунту, так і для будь-якої споруди, розміщеної в шарі наносів (фундаменти будинків, трубопроводи комунікацій, кабелі), так і на їх поверхні (дорожній одяг вулиць і доріг, верхня будова залізничних колій). Зокрема, максимальна кривизна водопроводу, що заглиблений в шар наносів на глибину h_b , буде виражена формулою:

$$K_{01}^B = \frac{1}{\frac{Eh^2}{1.5 \cdot \gamma \cdot \ell^2} - \left(\frac{h}{2} - h_B\right)}. \quad (10)$$

В усіх перелічених випадках обчислення моментів інерції не представить труднощів, а суттєва проблема буде пов'язана з визначенням модулю пружності E та об'ємної ваги ґрунту шару наносів. Ми пропонуємо використати досить апробовану методику, що застосовується при розрахунках дорожнього одягу автомобільних доріг та вулиць. В зв'язку з тим, що ґрунтова основа дорожнього одягу на протязі року перебуває в різноманітних станах зволоження і показники його розрахункових характеристик змінюються в досить широкому діапазоні, середні значення розрахункової вологості визначаються згідно з встановленою методикою для одного з трьох типів місцевості і на її основі призначаються з таблиць основні ґрунтові характеристики. Це питання по відношенню до вибору ґрунтових характеристик в умовах утворення уступу вимагає додаткових досліджень, але попередні дані свідчать, що в умовах міських вулиць характеристики зволоження слід призначати для 3 типу місцевості (мокрі місця на протязі року) і для глин, суглинків легких, легких пілуватих і важких, модуль пружності може бути в межах 30-70 МА, а об'ємна вага 19-20кН/м³.

Висновки.

Одержана математична модель локальної кривизни дає можливість перейти до рівняння профілю уступу:

$$v = \frac{q\ell}{48EJ_x} \left(5x^3 - 3\ell x^2 - 2\frac{x^4}{\ell} \right) \quad (11)$$

і прогнозувати наближено його висоту по значенню максимального прогину:

$$v_{\max} = -\frac{q\ell^4}{185EJ_x}, \quad (12)$$

а з урахуванням раніше обчислених q і J_x

$$h_y = v_{\max} = \frac{\gamma\ell^4}{15.42Eh^2}. \quad (13)$$

Знак “мінус” в формулі (12) опущено, тому що в теорії зрушень земної поверхні всі осідання вважаються додатними.

Прийнята модель також дозволяє уточнити ряд співвідношень для характерних відстаней на уступі, встановлених нами раніше на основі даних інструментальних спостережень і науково обґрунтовано вирішувати питання проектних розрахунків всіх без винятку видів інженерних споруд на уступах.

Для перевірки міцності матеріалу труб в існуючих водопровідних мережах легко розрахувати максимальний згинальний момент з

формули (3), а потім порівняти обчислено за ним напругу в трубі з розрахунковим опором матеріалу труб згідно з вимогами нормативного документу. Аналогічною буде і методика розрахунку діаметрів трубопроводів при проектуванні нових водопровідних мереж.

Література

1. ДБН В.1.1.-5-2000. Частина 1. Будинки і споруди на підроблюваних територіях. – К.: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2000. – 65 с.
2. .Малюга М.Ф., Сирик А.Г., Шматко А.В. Прогнозирование положения уступов в плане // Уголь Украины. – 1996 . -- № 5-6. – с. 57-58.
3. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. //МУП СССР. М.: Недра, 1981. 288 с.
4. Методические указания по прогнозу сдвижений и деформаций земной поверхности и определению нагрузок на здания при многократных подработках. – Л.: ВНИМИ, 1987. – 94 с.
5. Гавриленко Ю.Н., Чижиков С.Ф. Механизм образования и развития уступов при разработке крутых пластов. – Уголь Украины № 4, 1987. – с. 20-21.
6. Озеров И.Ф., Черняев В.И. Расчет ожидаемой высоты уступов при разработке свит крутых пластов в Центральном Донбассе./ Маркшейдерское обеспечение горных работ. – Донецк, ДонГТУ, 1995. – с.36-41.
7. Соппротивление материалов / Под ред. Г.С.Писаренко. – К.: Вища школа, 1986. – 775 с.
8. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Том 1. – М.: Машиностроение, 1982. -- 736 с.