

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



Присвячується **90** річчю Гірничого факультету
ДонНТУ

ВІСТІ

ДОНЕЦЬКОГО ГІРНИЧОГО ІНСТИТУТУ

Всеукраїнський науково-технічний

журнал гірничого профілю

Виходить 2 рази на рік

Засновано у липні 1995 року

1(32)2013

ДОНЕЦЬК – 2013

УДК 622

Друкується за рішенням Вченої ради державного вищого навчального закладу «Донецький національний технічний університет» (протокол № 3 від 22.03.2013).

В журналі публікуються наукові статті з питань підземної розробки: геомеханіки, гірського тиску, стійкості виробок, технології проведення підготовчих виробок, проходки вертикальних стволів, буріння гірських порід; проектування гірничого обладнання; комплексу робіт при ліквідації шахт; обґрунтування та рішення техніко-економічних проблем.

Журнал розрахований на наукових співробітників, інженерно-технічних робітників шахт, проектних організацій, навчальних та науково-дослідних інститутів гірничого напрямку.

Засновник та видавець - Донецький національний технічний університет

Редакційна колегія: Башков Є.О., д-р техн. наук, проф.(головний редактор); Александров С.М., д-р техн. наук, проф. (заст. головного редактора); Булгаков Ю.Ф., д-р техн. наук, проф. (заст. головного редактора); Подкопаєв С.В., д-р техн. наук, проф. (відповідальний секретар); Шашенко О.М., д-р техн. наук, проф.; Усаченко Б.М., д-р техн. наук, проф.; Касьян М.М., д-р техн. наук, проф.; Грищенко М.М., д-р техн. наук, проф.; Садовенко І.О., д-р техн. наук, проф.; Борщевський С.В., д-р техн. наук, проф.; Костенко В.К., д-р техн. наук, проф.; Мартякова О.В., д-р екон. наук, проф.; Агафонов О.В., д-р техн. наук, проф.; Саммаль А.С., д-р техн. наук, проф.; Прокопов А.Ю., д-р техн. наук, доц.

Адреса редакційної колегії: Україна, 83001, м. Донецьк, вул. Артема, 58, ДВНЗ «ДонНТУ», 9-й учбовий корпус. Тел.: (062) 301-09-05.

Журнал зареєстрований в Державному комітеті інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України. Свідоцтво: серія КВ, №7378 від 03.06.2003.

Журнал включено до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (додаток до постанови президії ВАК України №1-05/1 від 10. 02. 2010, надруковано в бюлетені ВАК №3, 2010).

ISSN 1999-981X

© ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», 2013

УДК 622.28.5

Ю.А. ПЕТРЕНКО (д-р. техн. наук, проф.)**А.О. НОВИКОВ** (д-р. техн. наук, проф.)**А.В. РЕЗНИК** (инженер)**И.Н. ШЕСТОПАЛОВ** (аспирант)**Р.И. ПЕТРИШИН** (магистрант)

Донецкий национальный технический университет, Донецк

НОВЫЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ВЫРАБОТОК, ЗАКРЕПЛЕННЫХ ПОДАТЛИВОЙ КРЕПЬЮ

Приведен анализ причин деформирования металлической арочной податливой крепи, а также результаты лабораторных и аналитических исследований изменения работоспособности крепи при различных углах залегания вмещающих выработку пород. Предложены: универсальная конструкция крепи, обеспечивающая длительную устойчивость поддерживаемых выработок и способ управления направлением смещений пород.

Ключевые слова: выработка, рамная крепь, направление смещений, податливая полость.

Многолетний опыт поддержания выработок путем применения металлического рамного податливого крепления показал, что оно не обеспечивает их нормальное эксплуатационное состояние в течении срока службы. Предпринятые в последние 30-40 лет попытки улучшить состояние выработок путем применения более мощных профилей и уплотнения крепи положительных результатов не дали, а привели лишь к росту материальных и трудовых затрат на поддержание.

Ежегодно протяженность подготовительных выработок, находящихся в неудовлетворительном состоянии, увеличивается на 1-2% (табл. 1).

Таблица 1 – Состояние подготовительных выработок на шахтах
Донецко-Макеевского района Донбасса

По состоянию на:	Протяженность выработок, км	Протяженность участков, не удовлетворяющих требованиям Правил Безопасности	
		км	%
2000	845,77	144,66	17,1
2002	643,38	127,41	19,8
2006	530,28	102,27	19,3
2007	480,15	92,7	19,3
2009	426,07	89,69	21,0
2010	419,92	93,27	22,2

Проведенный анализ состояния выработок, закрепленных различными видами крепи (табл. 2), показал, что преобладающим видом крепи на шахтах Донбасса остается металлическая арочная податливая крепь, которой закреплено около 90% горных выработок.

Опыт эксплуатации выработок, закрепленных арочной крепью, показывает [1], что основным фактором, снижающим устойчивость выработок, является несоответствие направления податливости постоянной крепи с преобладающими смещениями породного контура, которое отмечено в 59% обследованных выработок.

Таблица 2 – Объем применения и состояние крепи горных выработок

Вид крепи	2004		2006		2008		2010	
	1*	2	1	2	1	2	1	2
Металлическая податливая	90,2	70,4	90,4	71,6	90,5	71,9	90,6	73,2
Бетонная и железобетонная	4,4	32,2	3,5	34,3	2,7	31,8	2,5	30,9
Смешанная	3,2	43,4	2,8	41,6	2,85	42,0	2,8	41,2
Комбинированная на основе анкерной	1,5	20,3	2,6	21,1	3,1	20,8	3,2	21,2
Анкерная	0,3	10,2	0,5	12,1	0,7	11,7	0,8	11,9
Другие виды	0,4	50,2	0,2	49,3	0,15	48,1	0,1	46,0
Итого	100		100		100		100	

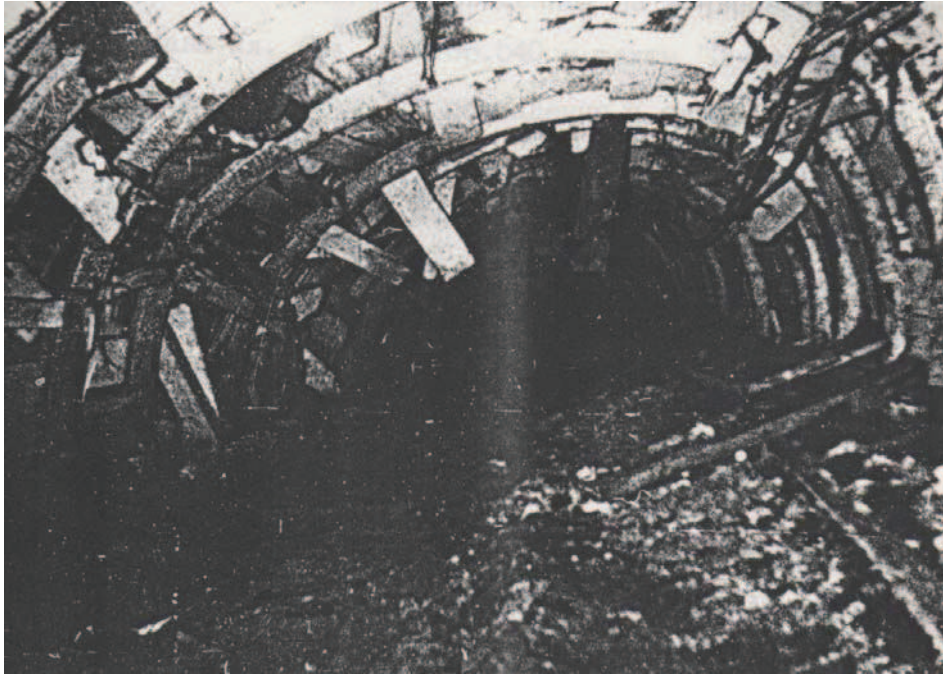
* - объем применения крепи, %; 2 – деформировано крепи, %

В выработках, пройденных по простиранию, преобладают смещения контура в направлении, нормальном к напластованию, т.е. большие деформации кровли в сечении наблюдаются со стороны падения пород, а почвы – со стороны восстания. Как в пластовых, так и в полевых штреках замок податливости срабатывает, как правило, со стороны падения пород, а со стороны восстания верхняк и стойка теряют соосность, податливость не реализуется, срез стойки развальцовывается и происходит разрыв хомутов.

Описанный характер деформаций крепи и неравномерное по ширине выработки пучение почвы отмечено при обследовании 8-го западного полевого штрека гор. 840м шахты «Новодружеская» (рис. 1а) и 7-го западного полевого вентиляционного штрека пласта m_3^H гор. 650м шахты им. Г.Г. Капустина (рис. 1б) и других штреках, проведенных в слоистых породах. При угле падения пород более $10-15^0$ влияние направления преобладающих смещений на устойчивость системы «крепь-массив» проявляется практически во всех случаях, при меньших углах возможно одновременное срабатывание узлов податливости и сохранение симметричной формы выработки при условии качественного заполнения закрепного пространства, что, однако, в практике крепления выработок встречается редко.



а



б

Рис. 1. Проявление неравномерности смещений пород по контуру выработок:
 а – в 8-м западном полевом штреке гор. 840м шахты «Новодружеская»,
 б – в 7-м западном полевом вентиляционном штреке пласта m_3^H гор. 650м
 шахты им. Г.Г. Капустина

В выработках пройденных вкрест простирания, а также по падению и восстанию пород (всего в 12% обследованных) преобладающие смещения контура, отличные от направления податливости, проявляются при расположении продольной оси выработок в диапазоне углов $30-60^{\circ}$ к линии простирания пород. Так, для оценки работоспособности арочной крепи, в зависимости от направления наибольших смещений, были проведены лабораторные исследования. Для проведения исследований был разработан и изготовлен специальный стенд (рис.2).



Рис. 2. Стенд для испытаний работоспособности арочной крепи: 1 – пространственная рама; 2 – модель трехзвенной крепи; 3 – нагрузочный рычаг; 4 – место крепления рычага к пространственной раме; 5 – калиброванная шкала в местах соединения несущих элементов крепи; 6 – замок (узел) №1; 7 - замок (узел) №2

Конструкция стенда следующая. В пространственной раме 1 устанавливалась модель АПК (трехзвенной) из СВП-27 - 2 в масштабе 1:20.нагрузку на крепь создавали с помощью рычага 3. Моделировались углы приложения нагрузки 0,5,10,15,20,25 и 30°, для чего менялось место расположения узла крепления рычага 3 к пространственной раме. Перемещения несущих элементов крепи в замках измерялись с помощью калиброванной шкалы, нанесенной на несущих элементах в районе расположения замков. Результаты измерений в относительных единицах представлены в табл.3.

Таблица 3 – Результаты измерений

Угол залегания пород, град	Податливость узла №1	Податливость узла №2
0	1,0	1,0
5	1,0	1,0
10	1,1	0,9
15	1,6	0,8
20	2,0	0,4
25	2,2	0,25
30	2,2	0,2

Как видно из приведенных данных, уже при угле падения пород 10° наблюдается неравномерность деформации узлов податливости. При этом при угле падения пород 15° (наиболее типичный угол для условий Донбасса) податливость узла №2 уменьшается на 20%, а при угле 30° – на 80%. После этого рама переходит в жесткий режим работы, практически не используя свои потенциальные возможности. Таким образом, проведенные исследования показали, что для повышения работоспособности арочной крепи необходимо изменить место расположения узлов податливости, с учетом угла залегания пород или управлять направлением наибольших смещений. Для реализации первого направления была разработана и запатентована новая конструкция крепи.

Известно, что элементы трехзвенной арочной крепи соединяются с помощью замков податливости. Действующие в поперечных сечениях рамы внутренние силы, обусловленные действием внешней нагрузки, обеспечивают работу замковых соединений. Тогда логично предположить, что в сечениях рамы, где возникают наименьшие поперечные силы, будут обеспечены наилучшие условия для взаимного перемещения элементов крепи и работы замков податливости.

С целью установления местоположения этих сечений были проведены расчеты арочной крепи. Рассматривались две расчетные схемы: двухшарнирная и бесшарнирная арочная крепь.

Проведенные расчеты показали, что сечения рамы, в которых действуют наибольшие продольные силы, а поперечные силы равны нулю, располагаются друг от друга на расстоянии φR (φ – угол между радиусами R , проведенными через эти сечения).

Величина угла (φ в зависимости от угла залегания пород составляет от 70 до 100°. ось симметрии этих сечений повернута относительно вертикальной оси рамы на 10-15° в сторону нормали к напластованию пород.

Выполненные исследования позволили разработать и запатентовать конструкцию крепи [2] (рис.3).

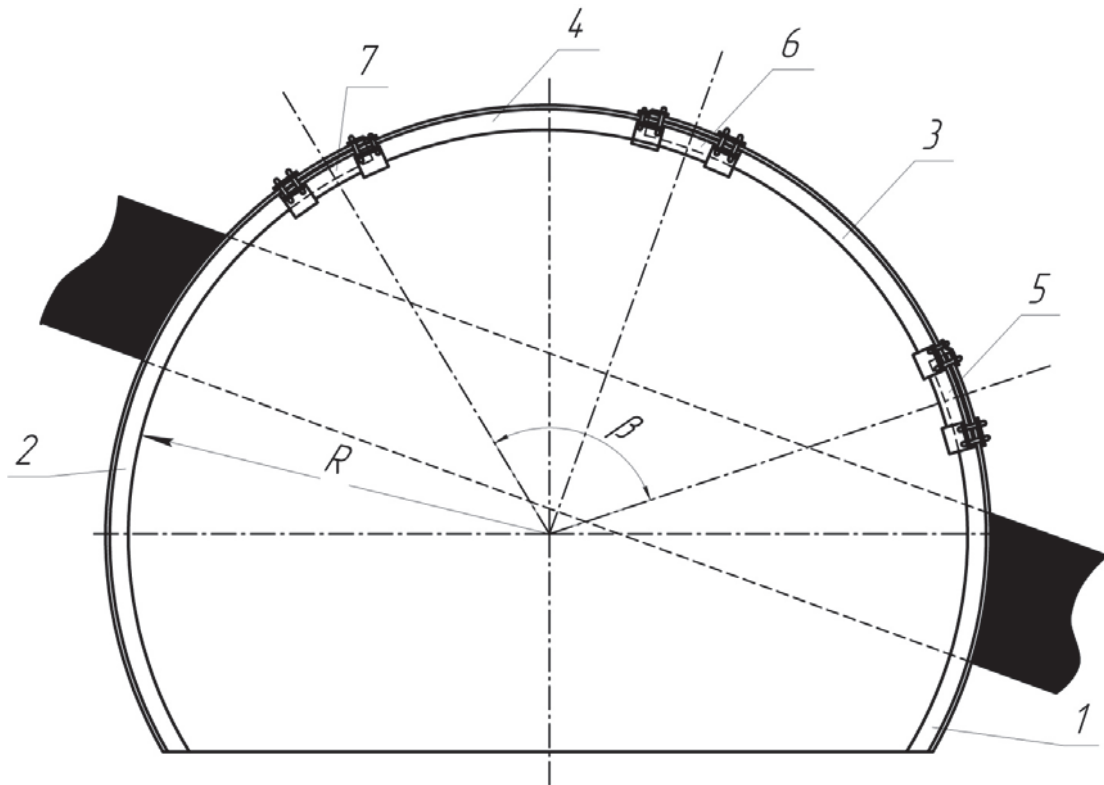


Рис. 3. Предлагаемая конструкция крепи: 1 и 2 – стойки крепи; 3 – элемент составного верхняка; 4 – верхняк; 5, 6 и 7 – узлы соединения несущих элементов

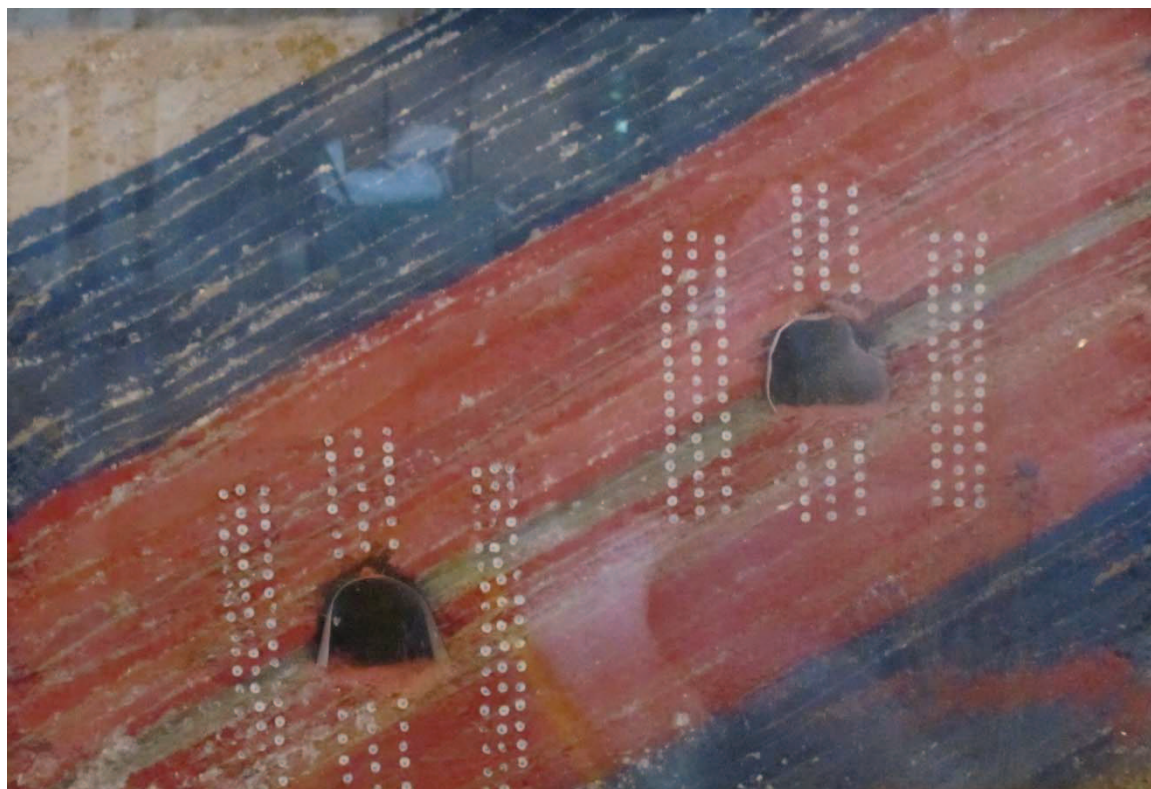
В предлагаемой конструкции элементы, образующие составной верхняк, в месте их соединения верхним узлом податливости располагаются так, что их концы расположены параллельно напластованию, вследствие чего данный узел работает при воздействии на него только боковых нагрузок. Концы стоек и составного верхняка в месте их соединения боковыми узлами податливости расположены по линии, параллельной направлению действия основных нагрузок. Поэтому боковые узлы податливости работают только при воздействии на них нагрузок, действующих перпендикулярной напластованию. Дифференцированная и согласованная работа узлов податливости исключает возникновение косонаправленных нагрузок в узлах податливости, а также обеспечит их длительную согласованную работу.

В разработанной конструкции боковые узлы податливости равноудалены от верхнего. Вследствие этого элементы составного верхняка имеют одинаковые размеры, причем их размер остается неизменным при любом залегании пород – изменяться будут только размеры стоек. Стандартизация при изготовлении элементов составного верхняка, позволит снизить затраты на их изготовление.

Сборка металлической податливой крепи осуществляется следующим образом. Вначале соединяют стойку 1 с элементом составного верхняка 3 при помощи узла податливости 5. Затем бурят лунки для стойки 2 и для собранной ранее части конструкции. Устанавливают стойки в проектное положение. После этого поднимают элемент составного верхняка 4 в проектное положение и соединяют элементы крепи в единую конструкцию при помощи узлов податливости 6 и 7.

Использование предлагаемой конструкции позволит за счет согласованной работы всех узлов податливости обеспечить длительную работоспособность крепи, повысить устойчивость выработки, снизить затраты на ее поддержание и изготовление элементов крепи.

а)



б)



Рис. 4. Состояние выработок в модели: а – до начала испытаний; б – после испытаний

Для реализации второго направления предлагается образовывать податливую полость в районе замка крепи, со стороны висячего бока. С целью оценки возможности управления направлением смещений вмещающих пород с помощью по-

датливой полости были проведены исследования на моделях из эквивалентных материалов.

Моделировались породы с прочностью на одноосное сжатие 30 МПа и углом залегания 20 – 30 град. В модели проводились две выработки: контрольная, поддерживаемая без дополнительных мероприятий и экспериментальная – в которой со стороны всякого бока создавалась податливая полость. Состояние выработок в модели на момент начала и окончания ее обработки показано на рис. 4.

Как видно из рисунков, в выработки без разгрузочной щели (слева) максимальные смещения и разрушения массива наблюдаются в направлении перпендикулярном напластованию. В выработке с разгрузочной щелью (справа), смещения реализуются практически вертикально, что обеспечивает благоприятные условия для работы замков крепи. Применение разгрузочной щели позволило снизить неравномерность смещений в углах податливости в 1,7 раза по сравнению с контрольной выработкой.

Очевидно, что второе направление является в настоящее время более перспективным, так как затраты на его реализацию значительно ниже, чем на изготовление новой конструкции крепи.

Список использованной литературы

1. Кошелев К.В. Охрана и ремонт горных выработок / К.В. Кошелев, Ю.А. Петренко, А.О. Новиков – М.: Недра, 1990. – 218 с.
2. Касьян М.М. Металеве податливе кріплення / М.М. Касьян, О.О. Новіков, Ю.А. Петренко, І.М. Шестоपालов, А.В. Резнік. – Патент на корисну модель №64368, зареєстр. 10.11.2011р. – 7 с.

Надійшла до редакції 26.03.2013

Ю.А. Петренко, О.О. Новіков, А.В. Резнік, І.М. Шестоपालов, Р.І. Петришин
Донецький національний технічний університет, Донецьк

НОВІ СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ВИРОБОК, ЗАКРІПЛЕНИХ ПОДАТЛИВИМ КРІПЛЕННЯМ

Наведено аналіз чинників, які впливають на деформування металевого аркового податливого кріплення, а також результати лабораторних та аналітичних досліджень зміни працездатності кріплення при різних кутах залягання вміщуючих виробку порід. Розроблені: універсальна конструкція кріплення, що забезпечує тривалу стійкість підтримуваних виробок, а також спосіб керування напрямом зміщень порід.

Ключові слова: виробка, рамне кріплення, напрямом зміщень, податлива порожнина.

Y.A. Petrenko, A.O. Novikov, A.V. Reznik, I.N. Shestopalov, R.I. Petrishin
Donetsk National Technical University, Donetsk

NEW OPENINGS ENHANCES THE STABILITY ENSHRINED MALLEABLE CREPES

The analysis of the reasons of deformation metal arch pliable lining is resulted, and also results of laboratory and analytical researches of change of working capacity lining at various corners of burial breeds containing development. The universal design is offered lining, providing long stability of supported mining and the way to control the direction of the displacement of rocks.

Keywords: development, frame roof support, direction of the displacements, yielding cavity.

Наукове видання

**Вісті Донецького гірничого інституту
Всеукраїнський науково-технічний журнал
гірничого профілю**
(українською, російською мовами)

1(32)2013

Відповідальний за випуск *С. В. Подкопаєв*

Редактор *А. В. Зиль*

Технічний редактор *Г. А. Федоренко*

Комп'ютерна верстка *А. В. Петренко*

Адреса видавця: Україна, 83001, м. Донецьк, вул. Артема, 58, ДВНЗ «ДонНТУ»,
9-й учбовий корпус. Тел.: (062) 301-09-67.

Підписано до друку 23.03.2013. Формат 60×84 ¹/₈. Папір офсетний. Друк різнографічний.
Ум. друк. арк. 35.3. Обл. вид. арк. 18.3 Тираж 100 прим.

Видавець та виготовлювач:

ДВНЗ «ДонНТУ»

83000, м. Донецьк, вул. Артема, 58, 9-й учбовий корпус

Свідоцтво про державну реєстрацію:

серія ДК №2982 від 21.09.2007.