

УДК 622.268.6: 622.281.5

*д.т.н. Борzych А.Ф.,
Посохов Е.В.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОСТРОВ ИЗ СТАЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМЫХ ПРОФИЛЕЙ

Проведені лабораторні випробування силових характеристик зразків з типових сталевих спеціальних взаємозамінних профілів, що були у вживанні, пропонувані у якості кострових огорожень прилягаючих у лаві виробок для їх повторного використання. Конструктивні особливості цих опор дозволяють у широкому діапазоні попередньо керувати їх опором і піддатливістю.

***Ключові слова:** випробування, зразок, сталевий профіль, опір, піддатливість, костер.*

Проведены лабораторные испытания силовых характеристик образцов из типовых стальных специальных взаимозаменяемых профилей бывших в употреблении, предлагаемых в качестве костровых ограждений прилегающих в лаве выработок для их повторного использования. Конструктивные особенности этих опор позволяют в широком диапазоне предварительно управлять их сопротивлением и податливостью.

***Ключевые слова:** испытание, образец, стальной профиль, сопротивление, податливость, костер.*

Сохранение сопряженных с лавой подготовительных выработок при разработке угольных пластов глубокими (более 1000 м) шахтами Донбасса связано с преодолением технологических трудностей, вызываемых возрастающими смещениями боковых пород и нагрузками на охранные (ограждающие) и поддерживающие (крепь) опоры. На практике решение этого проблемного вопроса, хотя и не всегда успешно, осуществляется за счет применения в охранной полосе комбинированных опорных средств, увеличения поперечного сечения выработки, повышения сопротивления рамной крепи и плотности ее установки, а также упрочнения пород.

Исходя из особенностей зональных изменений напряженно-деформированного состояния обнажаемого породугольного массива вокруг сопряжения очистной и подготовительной выработок, увеличе-

ние ширины охранной полосы при наборе различных опорных средств способствует росту на них нагрузки за счет влияния зависящей относительно боковой кромки угольного пласта консольной части кровли. Интенсивные смещения боковых пород при исчерпании податливости ограждений и крепи в выработках глубокого заложения, как правило, сопровождаются преобладающим выдавливанием почвы и, не редко, приводят к полной потере их устойчивости. Исходя из вышеизложенного, обоснование и поиск новых конструкций ограждений, обеспечивающих адаптивное их взаимодействие со смещающимися кровлей и почвой на концевых участках лавы, является актуальным вопросом.

В определенных условиях в качестве охранных опор можно использовать костры из отрезков бывших в употреблении стальных специальных взаимозаменяемых профилей (СВП) различных типоразмеров. С точки зрения определения экономической целесообразности применение таких костров в качестве ограждения необходимо сравнивать все затраты на охрану и содержание повторно используемых выработок со способом охраны в аналогичных условиях, предусматривающим расходы на погашение выработок вслед за проходом лавы, их восстановление или проведение новых. Предварительные расчетные оценки расходов на реализацию рассматриваемых вариантов способов охраны выработок оказываются не всегда в пользу первого. Предпосылками для обоснования костровых опор из СВП являются обеспечение адаптивного силового режима взаимодействия со смещающимися боковыми породами на узком концевом участке лавы, возможность предварительного регулирования сопротивлением костра за счет количества выкладываемых лежней в его слоях различных типоразмеров СВП, а также пожаробезопасности по сравнению с применяемыми на шахтах охранных опор, содержащих элементы деревянной крепи.

Поскольку сопротивляемость и податливость костров из СВП не изучена, перед исследованиями поставлена цель – лабораторными испытаниями определить силовые характеристики этой опорной конструкции, для чего необходимо решить следующие задачи:

- разработать методику лабораторных испытаний узловых элементов металлических костров;

- провести испытания сопротивляемости и податливости образцов из различных типоразмеров СВП;

- обобщить результаты исследований применительно к установлению ожидаемых силовых характеристик костров из бывших в употреблении отрезков СВП.

Для лабораторных испытаний сопротивляемости и податливости различных типоразмеров профилей СВП-14, 17, 22, 27 и 33 при сжатии их образцов использовался гидравлический пресс ИПС-500 с маятников-

вым силоизмерителем 6ПАО. Образцы состоят из двух одинаковых по длине 0,4 м отрезков однотипных СВП, уложенных друг на друга с перекрестием под углом 90° между опорными плитами пресса размером 600х600 мм (рис. 1, а). Под воздействием общей нарастающей нагрузки создаваемой прессом F (кН) в виде равномерно распределенной q (кН/м) при податливостях верхнего Δh_g (мм) и нижнего Δh_n (мм) отрезков СВП, одинаковых по высоте h (мм), по оси Z фиксировались соответствующая их суммарная податливость $\Delta h = \Delta h_g + \Delta h_n$ (см. рис. 1, б, в). На рисунке 2 в качестве примера представлены общие виды образцов из СВП-17 (рис. 2, а) и СВП-27 (рис. 2, б) до, во время и после их испытаний. В таблице 1 представлены основные исходные параметры испытываемых образцов из СВП различных типоразмеров.

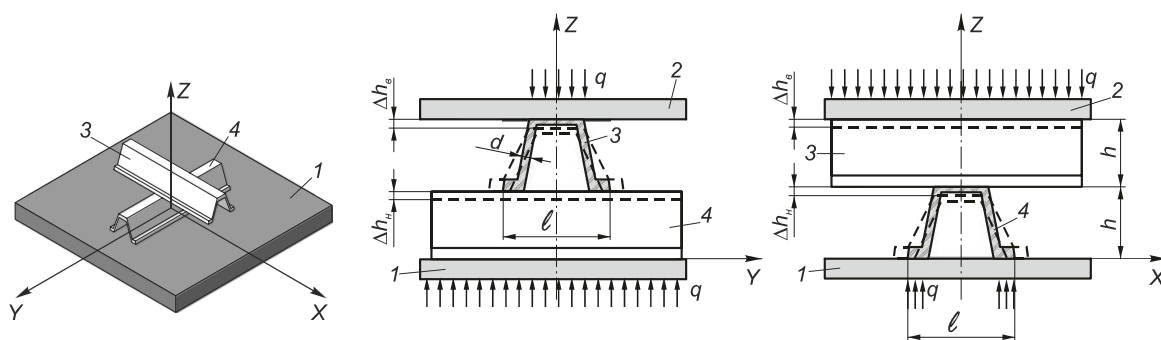


Рисунок 1 – Схемы размещения и нагружения образцов на прессе:
 а – общий вид; б и в – сечения по плоскостям соответственно ZY и ZX:
 1 и 2 – опорные плиты пресса соответственно нижняя и верхняя;
 3 и 4 – отрезки СВП соответственно верхний и нижний; l – наибольшая стандартная ширина профиля; d – толщина стенки

Из таблицы 1 видно, что удельная масса испытываемых образцов СВП от менее легкого СВП-14 к более тяжелому СВП-33 возрастает примерно на равную относительную величину в 1,19...1,3 раза при почти постоянном коэффициенте формы $h/l = 0,715...0,756$ для СВП-14, 17 и 22; $h/l = 0,823$ - для СВП-22 и 33. Это указывает на то, что сопротивление экспериментальных образцов из СВП с увеличением удельной их массы будет возрастать.

Результаты испытаний образцов различных типоразмеров СВП представлены в таблице 2, по данным которых построены графики изменения их просадки Δh (мм) от нагрузки F (кН) (рис. 3.).



а)



б)



в)



г)

Рисунок 2 – Общие виды образцов из профилей: *а* – СВП – 17 во время испытания; *б* – СВП-27 перед испытанием; *в* и *г* – после испытания соответственно СВП-17 и СВП-27

Таблица 1 – Основные параметры типовых стальных профилей

Типоразмер СВП	Количественное значение параметра								
	стандартное					исходное			
	удельная масса, кг/м	h , мм	l , мм	h/l	d , мм	удельная масса, кг/м	потеря удельной массы, %	отношение удельной массы	d^* , мм
14	14	88	121	0,727	5,6	13,3	6,2	1,25 1,30 1,19 1,21	5,3
17	17	94	131,5	0,715	6,0	16,44	3,3		5,8
22	22	110	145,4	0,756	6,2	21,32	3,1		6,0
27	27	123	149,5	0,823	7,4	25,46	5,7		7,0
33	33	137	166,3	0,823	8,2	30,92	6,3		7,7

d^* – исходная толщина стенки СВП при испытаниях.

Таблица 2 – Результаты изменений просадки образцов под нагрузкой

Нагрузка (F), кН	Просадка (Δh), мм				
	Типоразмер СВП				
	14	17	22	27	33
25	-	-	-	-	2,45
50	2,97	2,1	1,67	1,13	3,05
75	3,63	-	-	-	3,67
100	4,47	3,05	2,13	1,5	4,07
125	5,54	-	-	-	4,53
150	6,47	3,9	2,46	1,83	4,93
175	7,68	5,05	2,58	-	5,34
200	-	-	2,72	2,41	5,72
225	-	-	2,85	2,5	-
250	-	-	3,34	2,73	6,23
275	-	-	3,54	2,92	-
300	-	-	3,8	5,3	6,75
325	-	-	4,79	5,5	-
350	-	-	-	5,68	7,00

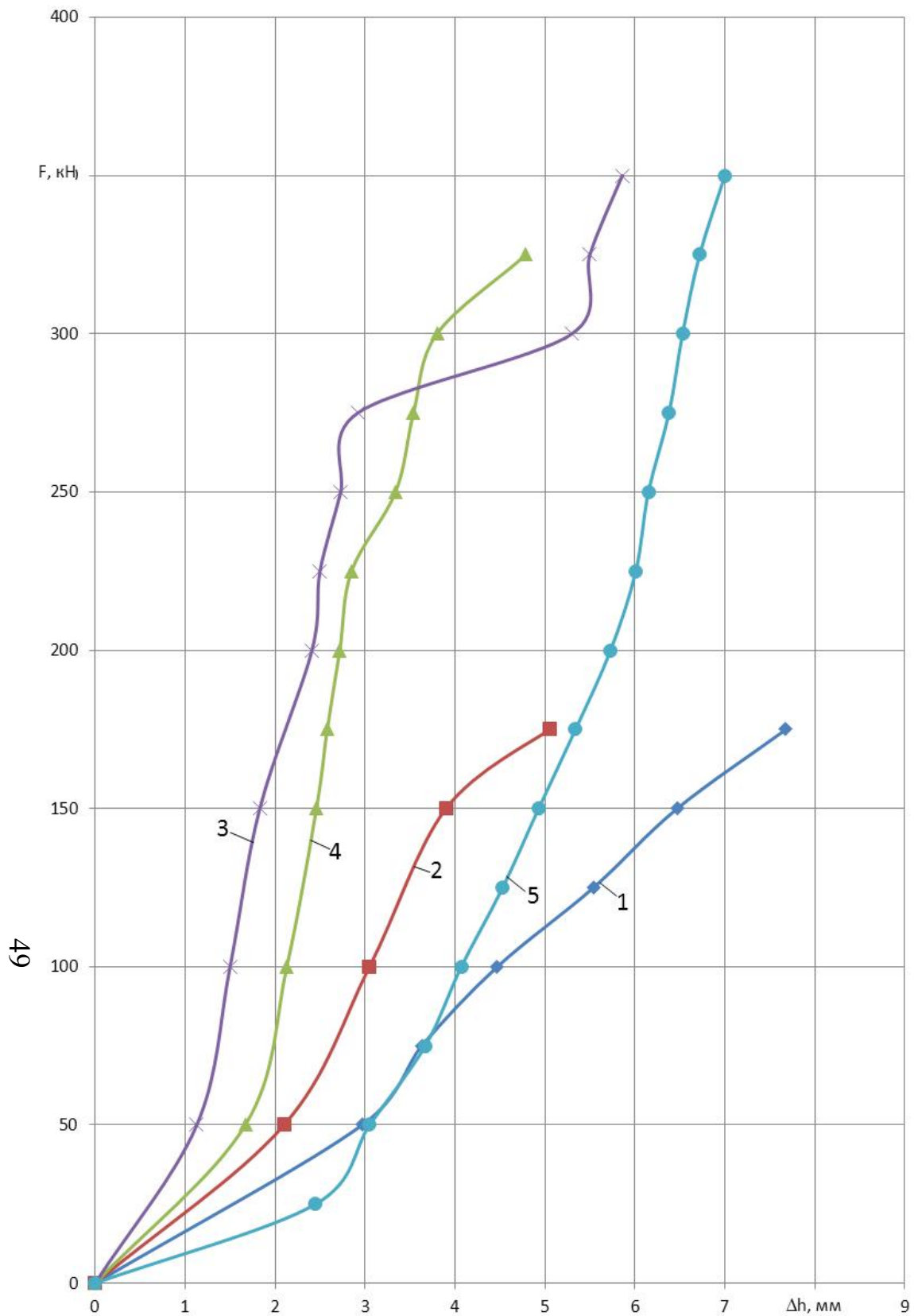


Рисунок 3 – Графики изменения просадки образцов Δh (мм) под нагрузкой F (кН) из СВП типоразмеров 1, 2, 3, 4 и 5 соответственно 14, 17, 22, 27 и 33

Из графиков (см. рис. 3) прослеживается общая закономерность - с ростом нагрузки увеличивается просадка образца из однотипных СВП, но с уменьшением этого параметра при одинаковой нагрузке на образцы с большей удельной массой. При достижении максимальной величины нагрузки соответствующей типоразмеру СВП, сопротивление их за счет расхождения стенок профиля остается почти постоянным. В частности согласно таблице 2, для образцов из СВП-14, 17 и 22 максимальные величины их сопротивления F_m составляют соответственно 175; 175 и 325 кН при максимальных значениях Δh_m их сжатия 7,68; 5,05 и 4,79 мм. При испытании образцов тяжелых профилей СВП-27 и 33 максимальные значения их сопротивления не установлены, так как увеличение нагрузки на образцы $F_m > 350$ кН с точки зрения обеспечения безопасности проводимых испытаний не предусматривалось.

Используя экспериментальные данные, подтверждающие рост предельного сопротивления образца почти прямопропорционально увеличению удельной массе профилей от одного типоразмера к другому в среднем для СВП-27 и 33 по сравнению с СВП-22 в 1,2 раза согласно таблице 1 при его предельном сопротивлении, равном 325 кН согласно таблице 2, следует ожидать максимальное их сопротивление соответственно около 390 и 470 кН. Поскольку величины прироста просадки образцов СВП-27 и 33 на завершающей стадии сжатия при возрастании нагрузки на каждую 1 кН согласно таблице 2 составляют соответственно 0,38 и 0,25 мм, то для указанных максимальных сопротивлений этих образцов величины конечных просадок составят 7,2 и 8,75 мм.

По результатам исследований ожидаемые количественные значения сопротивления и податливости прямоугольных по форме костров из СВП при различных их высоте и вариантах расположения лежней в слое представлены в таблице 3. Полученные величины из однотипных СВП на 1 м высоты костра позволяют определить эти параметры для любой ее величины при коэффициенте его формы $\kappa_{фк} = m_k/v_k < 1$, где m_k и v_k – соответственно высота, соизмеримая с мощностью вынимаемого пласта, и наименьшая ширина костра.

Для определения силовых параметров костра на пласте любой мощности из таблицы 3 выбирается соответствующему СВП количественное значение ожидаемого сопротивления костра F_{mk} , а его фактическая податливость вычисляется по формуле

$$\Delta h_{mkф} = \Delta h_{mk} \cdot \kappa_m, \text{ мм} \quad (1)$$

где Δh_{mk} – максимальная просадка костра из соответствующего СВП высотой 1 м согласно таблице 3, мм;

κ_m – поправочный коэффициент на изменение высоты костра.

Таблица 3 – Предельные количественные значения сопротивления и просадки четырехугольных по форме костров из однотипных СВП

Типоразмер	Максимальные значения сопротивление F_m (кН) и просадки Δh_m (мм) костра из СВП						суммарная высота двух лежней из СВП, м
	количество узлов - перекрытий в слое						
	один		четыре		на 1 м высоты костра		
СВП	F_{m1}	Δh_{m1}	F_{m4}	Δh_{m4}	F_{mk}	Δh_{mk}	
14	175	7,68	700	7,7	700	43,7	0,176
17	175	5,05	700	5,0	700	26,6	0,188
22	325	4,79	1340	4,8	1340	21,8	0,220
27*	390	7,20	1560	7,2	1560	29,3	0,246
33*	470	8,75	1880	8,8	1880	32,2	0,274

* – ожидаемые величины.

$$k_m = m_k \cdot M^{-1}. \quad (2)$$

Например, при мощности вынимаемого пласта, равной высоте костра 1,4 м, из лежней СВП-22, его максимальное сопротивление составит 1340 кН, а податливость – $21,8 \cdot 1,4 = 30,5$ мм, т.е. около 2,2% потери его первоначальной высоты.

51 Варьировать силовыми характеристиками костров из СВП представляется возможным за счет комбинаций предварительного размещения по его слоям количества лежней в различных сочетаниях типоразмеров, а также удалением их относительно кромки породного уступа охраняемой подготовительной выработки.

Полученные результаты исследований рекомендуется использовать при апробации работоспособности костров из СВП в качестве ограждений сопряженных с лавой подготовительных выработок глубокого заложения с целью повышения их устойчивости при повторном использовании.

Выводы.

На основании лабораторных испытаний образцов из отрезков бывших в употреблении различных типоразмеров СВП получены силовые характеристики металлических костров, выложенных из аналогичных стальных профилей.

С увеличением удельной массы этих профилей сопротивление костров в узлах перекрытия их лежней возрастает с 700 до 1880 кН при сохранении их податливости, приходящейся на 1 м их высоты 2,18...43,7 мм. Значительные колебания величин податливости зависят от степени коррозии применяемых для костров отрезков СВП.

Конструктивные особенности костров путем предварительного варьирования числом лежней в их слое, сочетаниями различных типов размеров стальных профилей, а также удалением от кромки породного уступа сопряженной с лавой выработки, позволяет в определенных условиях определить режим адаптированного взаимодействия этих опорных конструкций с кровлей и почвой.

Полученные результаты исследований рекомендуется использовать для апробации влияния ограждений из металлических костров в натуральных условиях на устойчивость повторно используемой сопряженной с лавой подготовительной выработки.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Клишиным Н.К.