

8.3 Дослідження аеродинамічного опору різних типів конструкцій армування стовбура і підйомних посудин

Стовбури шахт є одними з основних вентиляційних виробок у схемі вентиляції підземних виробок шахт і копалень, за допомогою яких здійснюється вентиляція шахти.

При центральній схемі вентиляції шахти повітря надходить і виходить крізь вертикальні стовбури, при фланговій- повітря надходить крізь клітьовий стовбур і виходить крізь шурфи або вентиляційні свердловини, при криловій схемі вентиляції використовується єдине вироблення на все крило, при дільничній - вхідний струмінь проходить крізь кліть через свердловини у кожній ділянці. При всіх схемах вентиляції шахти вхідний вентиляційний струмінь проходить крізь вертикальний стовбур, який служить не тільки основним вентиляційним виробленням, а й транспортною артерією шахти, крізь яку відбуваються основні вантажопотоки шахти, спуск-підйом людей, негабаритів, корисних копалин, матеріалів та інше. Рух підйомних посудин у стовбурі здійснюється у провідниках армування, тому поряд з вимогами до міцності, надійності, низької динамічності, висувуються вимоги до низького аеродинамічного опору конструкцій армування стовбурів.

Вертикальний стовбур служить протягом усього часу експлуатації, та довгий час - у режимі реструктуризації шахти, створюючи аеродинамічний опір як крайня виробка перед шахтним вентилятором, та збільшує електроспоживання протягом усього терміну служби шахти.

Згідно з «Правилами безпеки у вугільних шахтах: НПАОП, 10.0-1.01-10.» [281] максимальна швидкість руху повітря для скіпових стовбурів дорівнює 12м/с, для стовбурів - для спуску та підйому людей та вантажів дорівнює 8м/с.

Розрізняють три основні види армування вертикальних стовбурів: -жорсткі; -гнучкі; -канатно-профільні; -жорсткі з провідниками з коробчастої балки або рейок, які закріплені на розстрілах через весь переріз стовбура – все це створює

високий аеродинамічний опір стовбура, і також він підвищується за рахунок накопичення на розстрілах гірської маси.

Гнучке армування має значно менший аеродинамічний опір, ніж жорстке, проте має певні недоліки: - постійне розгойдування посудин у стовбурі; - низький термін експлуатації провідникових канатів; - велику кількість відбійних канатів між різними підйомними машинами; - канатні провідники, які розташовані по центру стовбура, створюють великі складності при експлуатації.

Канатно-профільне армування (далі – КПА) складається з канатно-профільних провідників (далі – КПП) і консольно-демпфуючих розстрілів (далі – КДР) [283, 284, 285] і не має відбійних канатів, провідників у центрі стовбура та розстрілів, розташованих повз весь переріз стовбура, тому має низький аеродинамічний опір стовбура.

На аеродинамічний опір вертикального стовбура в умовах роботи підйомної установки впливає велика кількість факторів, таких як:

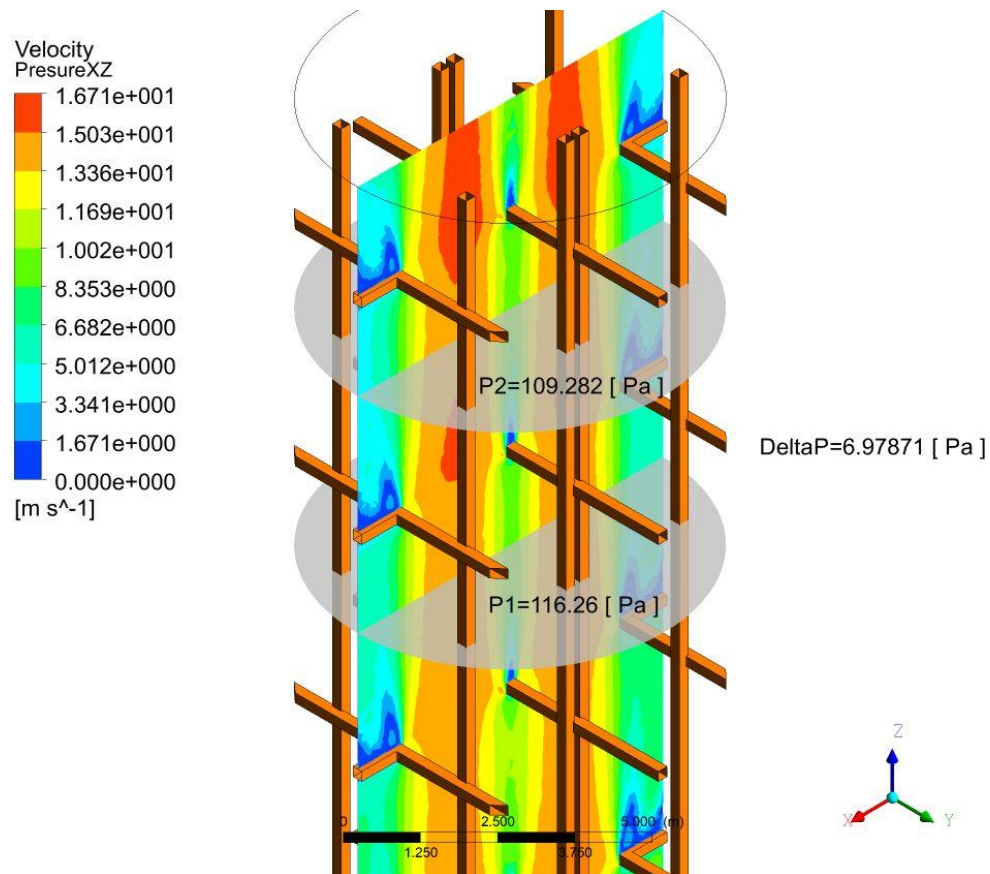
- зледеніння в зимовий час;
- порушена геометрія вертикального стовбура;
- аеродинамічний опір кріплень армування вертикального стовбура;
- викривлення розстрілів та ярусів;
- обводненість стовбура;
- просипи породи та вугілля у стовбур;
- присоси повітря;
- зміна вологості та атмосферного тиску по глибині стовбура;
- вплив свіжого струменя повітря на горизонтах та інші фактори;

Облік впливу всіх вище перерахованих факторів є трудомістким завданням, тому досліджувалися схеми армування, без урахування вищезазначених факторів. Для цього у програмі ANSYS 17.0 для розрахунку закладалися моделі з різними конструктивними схемами армування, але з однаковими параметрами вихідних умов продувки. За основу було обрано стовбур глибиною 1200м і діаметром 7м, зі швидкістю руху повітряного струменя 14м/с. Метою дослідження є вибір найбільш оптимальної схеми армування за фактором

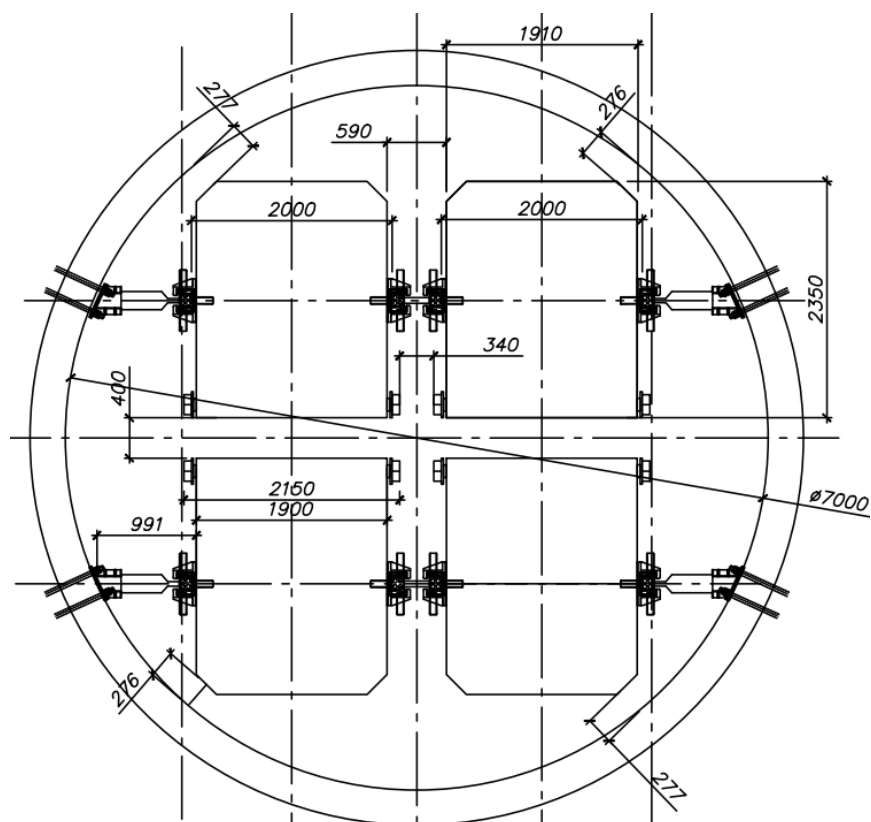
На фіг. 1. зображено схему ярусу жорсткого армування стовбура, обладнаного двома вугільними скіповими установками зі скіпами типу 1СН352 і коробчастими розстрілами. На фіг. 1.2 зображена модель продування ярусу жорсткого армування стовбура компонування, представленого на фіг. 1.

[illegible]

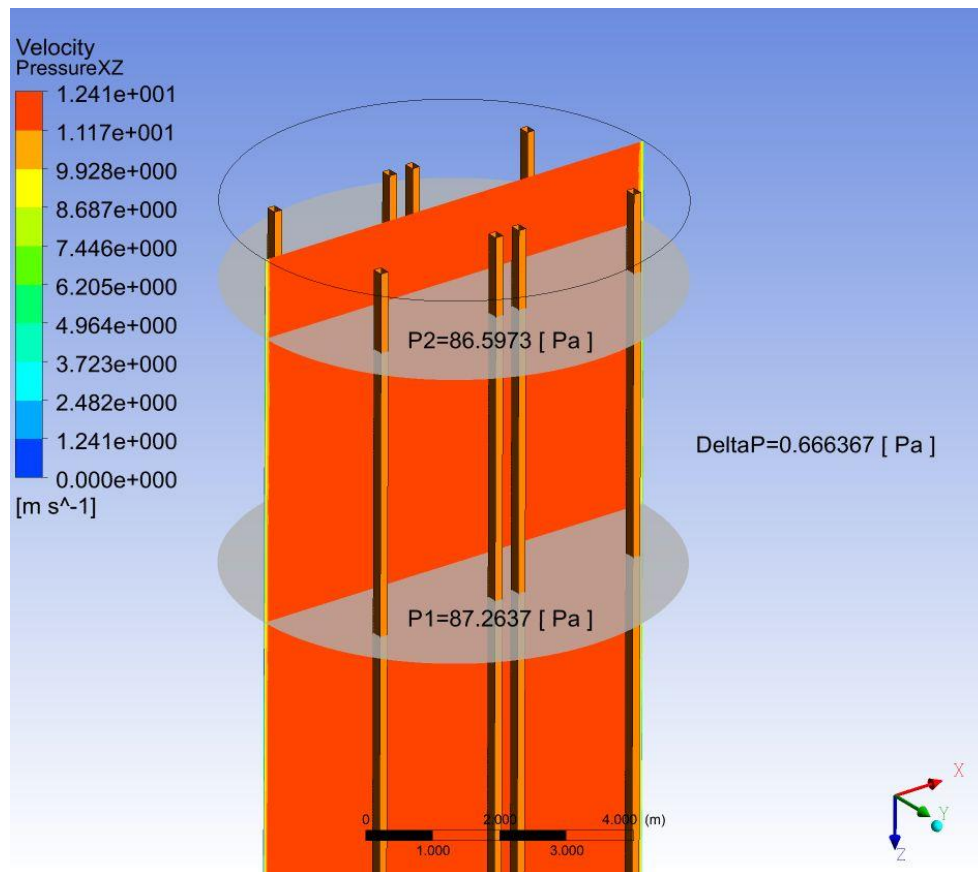
Фігура. 1. Схема ярусу жорсткого армування стовбура



Фігура. 1.2. Модель продування ярусу жорсткого армування стовбура



Фігура 2. Схема ярусу армування стовбура з канатно-профільними провідниками (КПП).



Фігура 2.1. Модель продування ярусу армування стовбуру з КПП.

Табл. 1

Аеродинамічний опір різних типів армування

№ п/п	Найменування	Од. вим.	Жорстке армування	Гнучке армування (16 канатів ф52)	КПА
1	Глибина стовбуру	м	1 200,00	1 200,00	1 200,00
2	Діаметр стовбуру	мм	7000	7000	7000
3	Швидкість руху повітряного струменю	м/с	14	14	14
4	Схема армування		фіг.1		фіг.2
	Розстріли				
1	Тип розстрілу		коробчаста балка		КДР
3	Перетин розстрілу	мм	200x200x14		160x80x5x7,4

4	Довжина розстрілів у ярусі	м.п.	24		3,2
5	Крок армування	м	4,10		60,00
6	Кількість ярусів	шт.	292,68		27
	Провідники				
1	Перетин провідника	мм	200x200x14		200x180x6
2	Довжина провідника	м.п.	1 200,00	1 200,00	1 200,00
3	Кількість провідників та відбійних канатів	шт	8,00	22,00	8,00
	Аеродинамічний опір				
1	Падіння тиску на кроці армування 4,1м	Па	6,97871	0,61	0,666367
	Разом, опір армування стовбура:	Па	2 042,54	178,53	195,032

Проведемо дослідження аеродинамічного опору руху посудин у різних типах армування стовбура для клітьового підйому- схеми ярусу армування надані на фіг. 3, 4, 5 і змішаного клітьового та скіпового підйому фіг. 6, 7. У цьому дослідженні будемо виконувати продування армування ділянки довжиною 60м за допомогою програми ANSYS 17.0 при всіх інших однакових параметрах.

Визначимо для різних типів армування коефіцієнт опору за такою формулою:

$$\zeta = \frac{\Delta P}{\rho V^2 / 2} \quad [286]$$

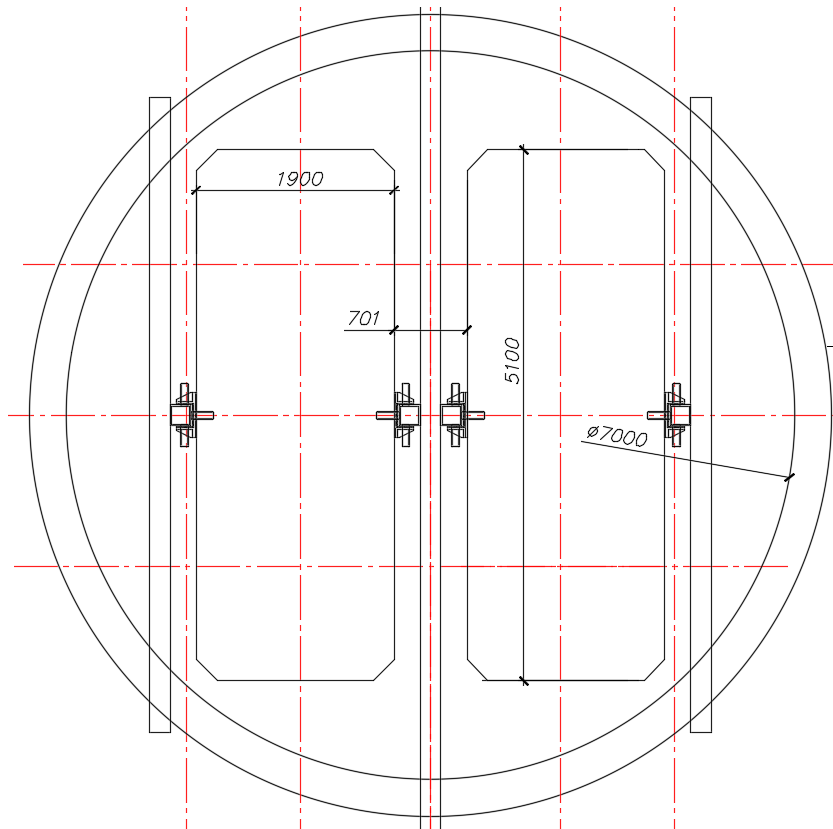
де ΔP – падіння тиску, розраховується у ANSYS 17.0, Па;

ρ – щільність повітряного струменя;

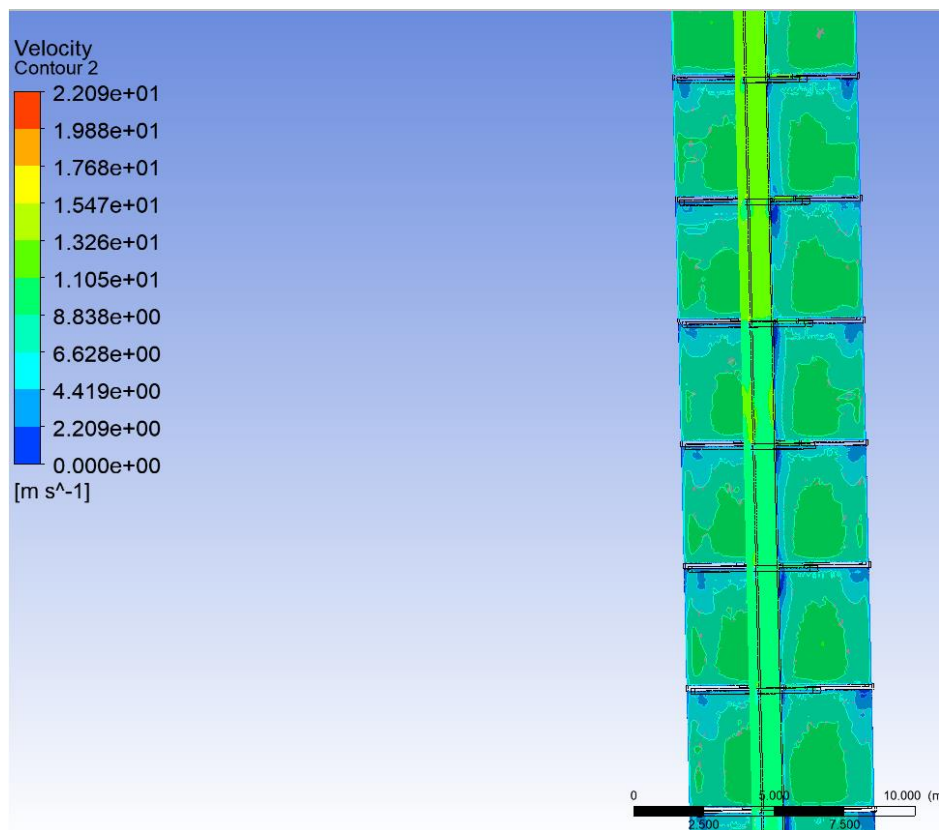
V – швидкість руху повітряного струменя м/с;

Зображено на фіг. 3 схему жорсткого армування клітьового підйому, а результати її продувки зображені на фіг. 3.1., аналогічно виконуються продувки для різних схем армування та типів армування, зображених на фіг. 4, 5, 6, 7

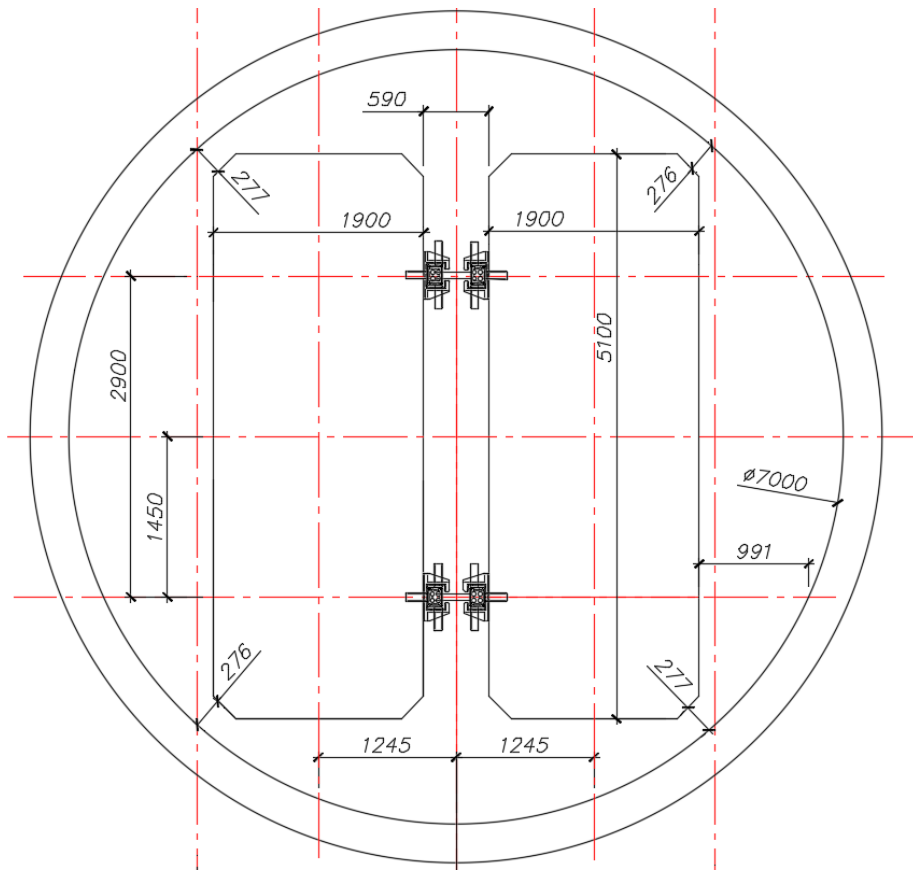
результати розрахунків зведені у табл. 2.



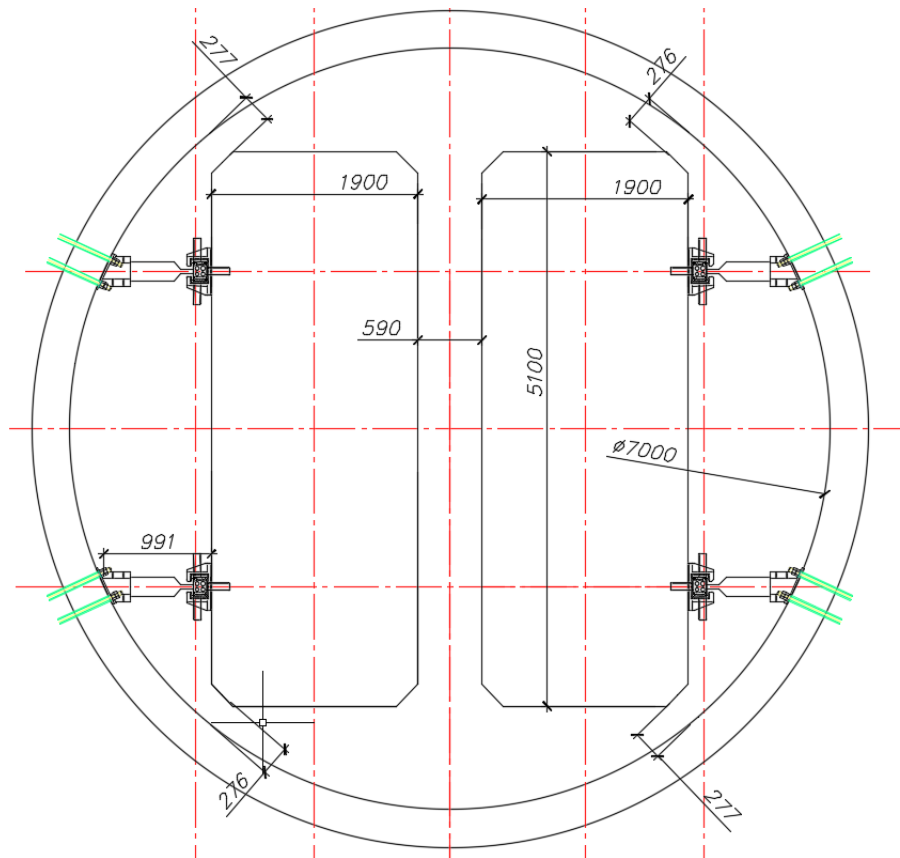
Фігура. 3 Схема жорсткого армування клітьового підйому



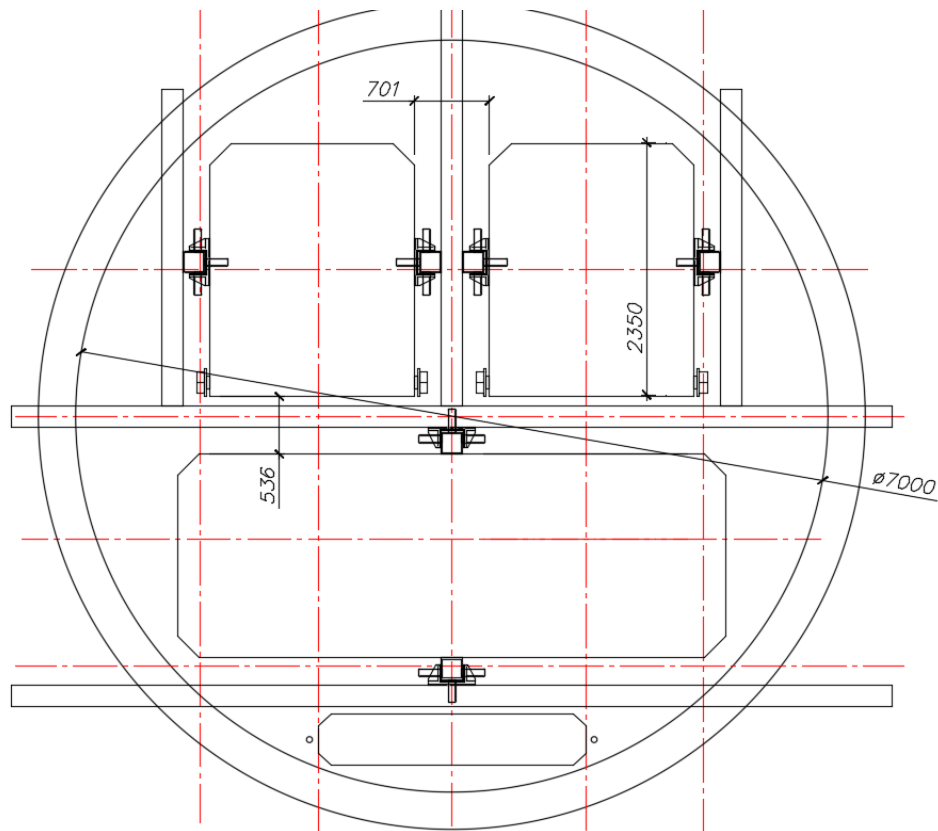
Фігура. 3.1 Продування жорсткого армування клітьового підйому



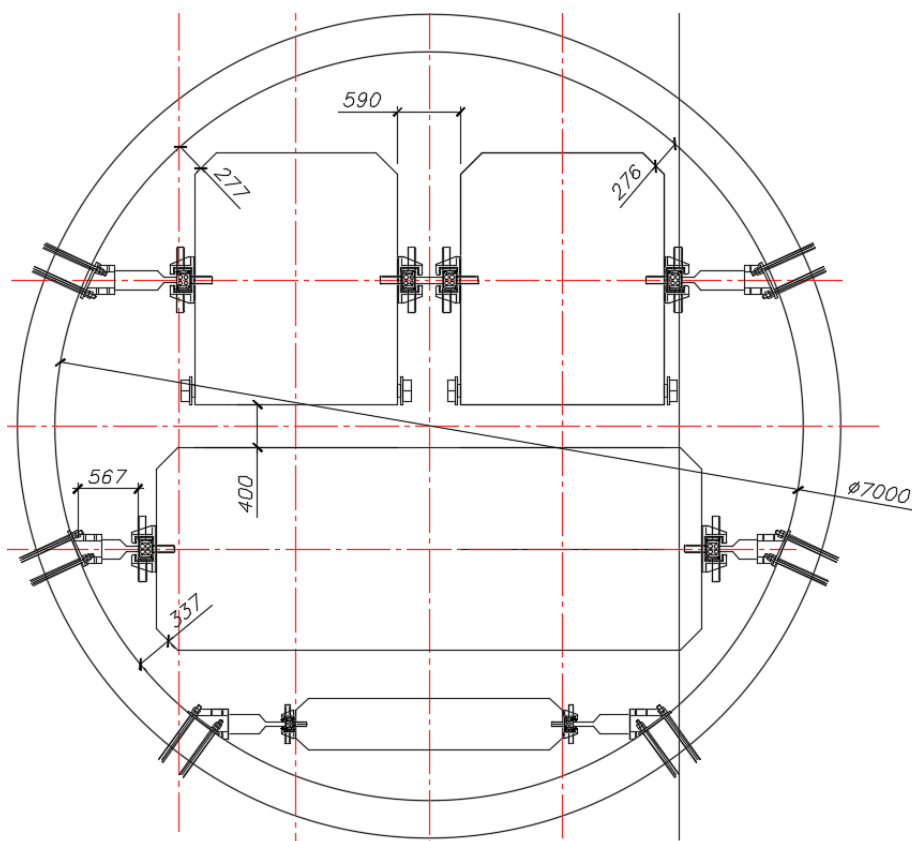
Фігура. 4 Схема ярусу з канатно-профільним армуванням



Фігура. 5 Схема ярусу КПА двохклітьового підйому



Фігура. 6 Схема жорсткого армування скіпового відділення та кліті з
проти вагою



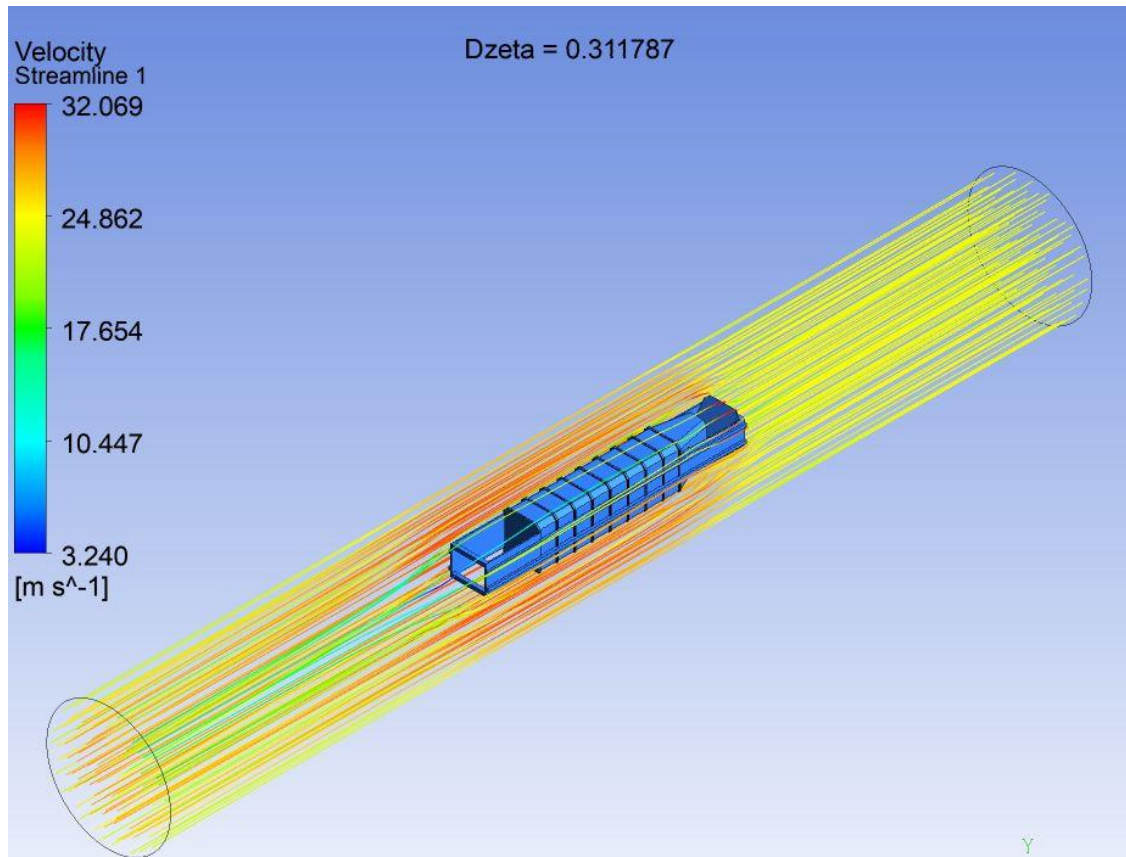
Фігура. 7 Схема КП армування скіпового відділення та кліті з
проти вагою

Табл.2

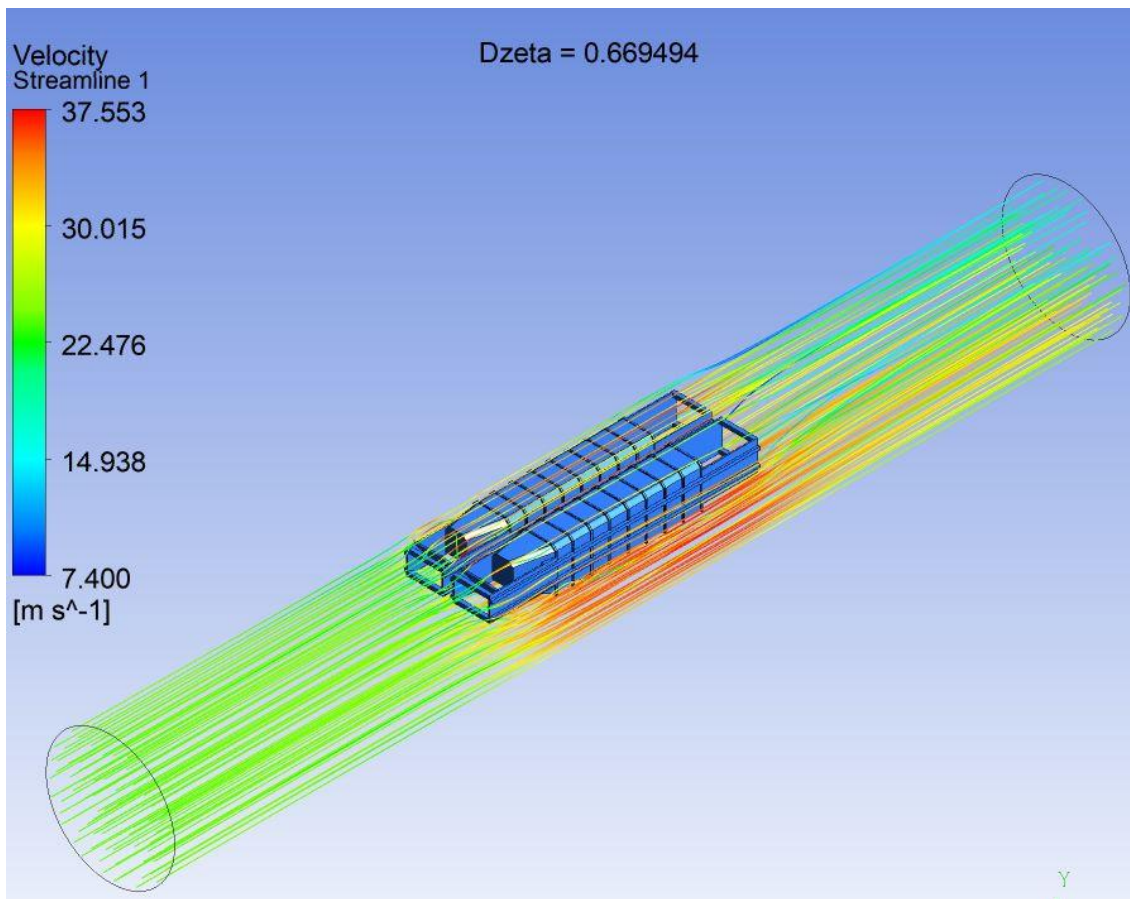
Результати розрахунків аеродинамічного опору різних типів армування

№ п/п	Найменування	Од. Вим.	Жорстке армування	КПА	КПА	Жорстке армування	КПА
1	Глибина стовбуру	м	1 200,00	1 200,00	1 200,00	1 200,00	1 200,00
2	Діаметр стовбуру	мм	7000	7000	7000	7000	7000
3	Швидкість руху повітряного струменю	м/с	14	14	14	14	14
4	Схема армування		фіг.3	фіг.4	фіг.5	фіг.6	фіг.7
	Розстріли						
1	Тип розстрілу		коробчаста балка	КДР	КДР	коробчаста балка	коробчаста балка
2	Перетин розстрілів	мм	200x200x14	160x80x5x7,4	160x80x5x7,4	200x200x14	200x200x14
3	Довжина розстрілів у ярусі	м.п.	24	3,2	4,0	26,4	3,3
4	Крок армування	м	4,10	60,00	60,00	4,10	60,00
5	Кількість ярусів	шт.	292,68	27	27	292,68	27
	Провідники						
1	Перетин	мм	200x200x14	200x180x6	200x180x6	200x200x14	200x180x6
2	Довжина	м.п.	1 200,00	1 200,00	1 200,00	1 200,00	1 200,00
3	Кількість	шт	4,00	4,00	4,00	6,00	8,00
	Аеродинамічний опір						
1	Значення коефіцієнта опору дільниці армування (60м) ζ		1,16276	0,0775344	0.0958523	1,54315	0,105802
2	Кількість ділянок стовбуру, всього (1200м)	шт	20	20	20	20	20
Коефіцієнт опору армування стовбура ζ , разом:			23,2552	1,550688	1,917046	30,863	2,11604

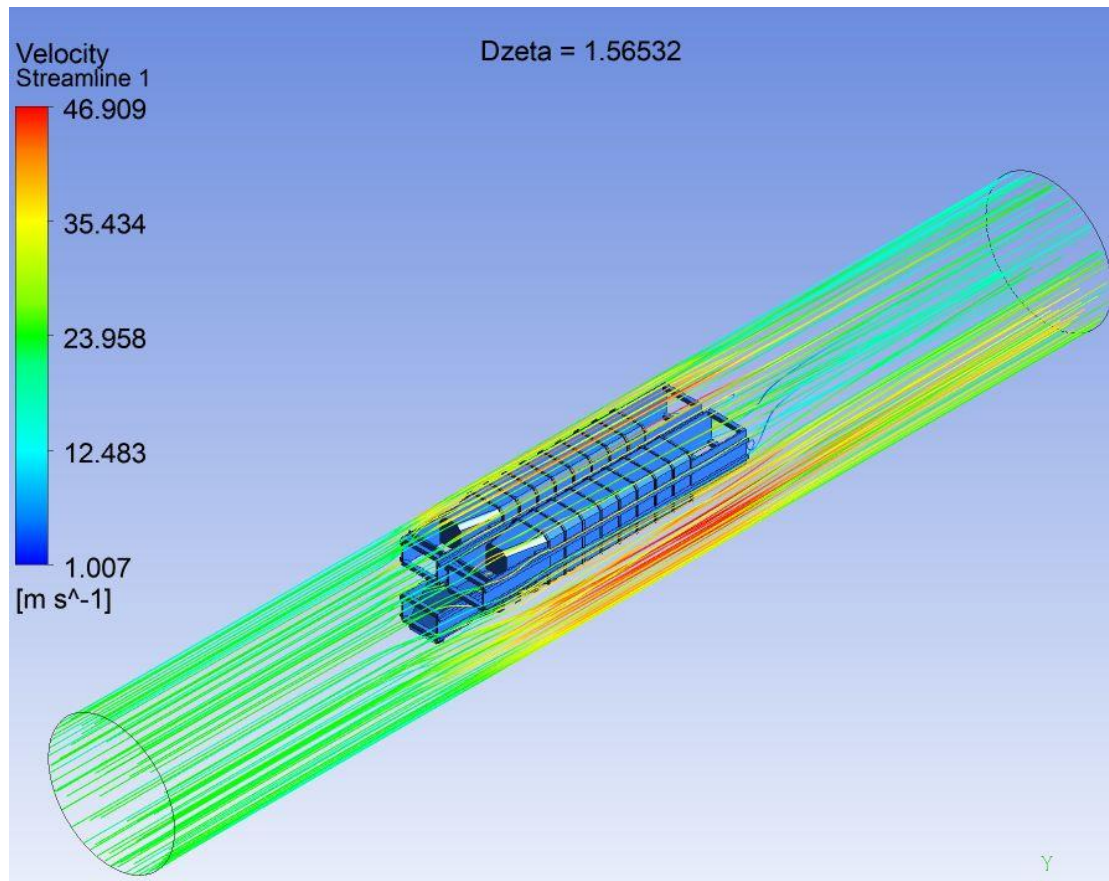
У програмі ANSYS 19.0 виконаємо дослідження виникнення аеродинамічних опорів при різних режимах руху посудин (скіпів) типу 1CH352 під час роботи двох підйомних машин на один стовбур, які рухаються назустріч один одному. На фіг. 8а, 8б, 8в, 8г зображені аеродинамічні потоки при зустрічі посудин у стовбурі без урахування опору різних типів армування: - фіг. 8а одного скіпу; - 8б двох скіпів; - 8в трьох скіпів; - 8г чотирьох скіпів, результати розрахунків зведемо в табл. 3.



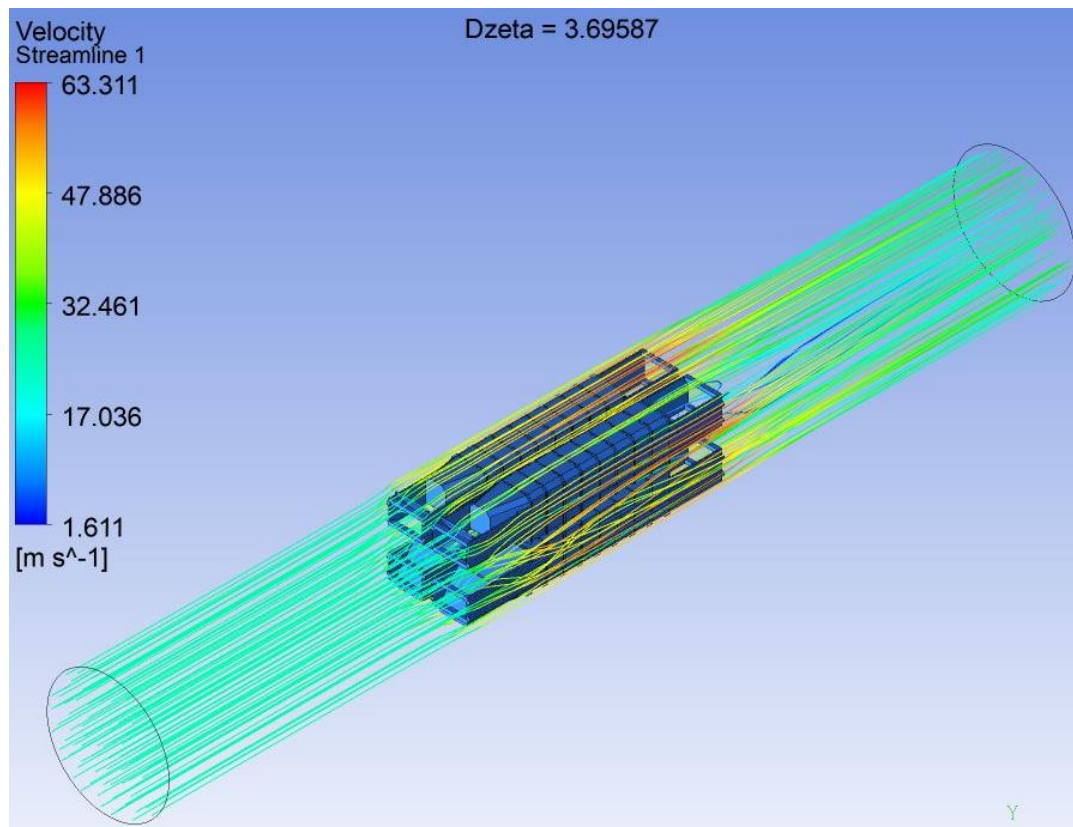
Фігура 8а. Один підйомний скіп



Фігура 8б. Два підйомні скіпи



Фігура 8в. Три підйомні скіпи.



Фігура 8г. Чотири підйомні скіпи

Табл.3

Аеродинамічний опір рухомих скіпів

№ п/п	Найменування	Од. вим.	Жорстке армування	КПА	Гнучке армування
1	Глибина стовбура	м	1 200,00	1 200,00	1 200,00
2	Діаметр стовбура	мм	7000	7000	7000
3	Швидкість руху повітряного струменю	м/с	14	14	14
Коефіцієнт опору у місці зустрічі посудин у стовбурі ζ :					
1 посудина			0,311	0,311	0,311
2 посудини			0,669	0,669	0,669
3 посудини			1,565	1,565	1,565
4 посудини			3,695	3,695	3,695

Висновки.

Як очевидно з результатів досліджень, зведених у табл. 1, 2, 3, середні значення аеродинамічних опорів армування між КПА і гнучким армуванням відрізняються незначно, а в порівнянні з жорстким армуванням – дуже значно. Застосування гнучкого армування обмежено у зв'язку з необхідністю дотримання мінімальних зазорів 350мм на бік для скіпових підйомів і 510мм - для підйомних клітьових установок, через що перетин стовбура збільшується на 0.7-1м, що значно більше [282], ніж для КПА та інших видів армування.

Дослідивши аеродинамічні опори різного розташування судин у стовбурі, можна дійти невтішного висновку, що за умов роботи з двома і більше підйомними установками, необхідно розробляти рекомендації до методики розрахунку КПА і автоматичну систему управління верхнього рівня (АСУТП) усіма п\у, яка дозволить коригувати рух судин у стовбурі за часом і попередить зустріч усіх посудин у стовбурі.

Розробка та впровадження КПА спільно з системами контролю руху посудин верхнього рівня для двох підйомних установок дозволить не тільки значно знизити аеродинамічний опір стовбура, а й значно знизити динамічні коливання в системі «посудина-провідник».

Виходячи з вищевикладеного, найбільш оптимальним варіантом армування стовбуру є застосування канатно-профільних армувань, впровадження яких дозволить:

- знизити аеродинамічний опір стовбуру в 8-14 разів;

- знизити електроспоживання вентилятора на 20% за рахунок вибору найбільш раціональних армувань та схем ярусів стовбуру;

- знизити габарити перерізу стовбура, за рахунок використання більш раціональних видів армування стовбуру;

- знизити експлуатаційні витрати на обслуговування армування;

Розробка та впровадження канатно-профільних армувань у вертикальних шахтних стовбурах та розробка систем АСУТП верхнього рівня, координуючих одночасний рух посудин двох і більше п/в у стовбурі, дозволить досягти

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

значного зниження аеродинамічного опору стовбуру і, відповідно, споживання електроенергії протягом усього терміну служби шахти, у відповідності до всіх вимог «Правил безпеки у вугільних шахтах: НПАОП 10.0-1.01-10.» та інших нормативних правил та вимог України.