

ЗВІТ

про розробку науково-технічної продукції

**«Математичне моделювання течії
повітря в камері аспіраційній БСХ-100.20
модифікованої конструкції»**

Виконавці:

В. Є. Костюк
О. І. Кирилаш

Хорол 2015

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 МАТЕМАТИЧНА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТА МЕТОД ЇЇ ВИРІШЕННЯ	4
2 РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЛОВИХ РОЗРАХУНКІВ ТА ЇХ АНАЛІЗ	8
ВИСНОВКИ	18
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	19

ВСТУП

Сепарування зернових мас – один з важливіших технологічних процесів, що застосовується в сепараторах попереднього очищення зерна.

Камера аспіраційна БСХ-100.20 призначена для замкненого очищення повітря, та встановлюється в зерноочищувальних відділеннях елеваторів, крупозаводів і млинарських підприємств в комплекті з сепараторами БСХ-100, БСХ-16.

Процес повітряного (аеродинамічного) сепарування здійснюється в пневмосепаруючому каналі та завершується в осадовій камері. Просіювання проводиться під дією аеродинамічних і гравітаційних сил, що визначають швидкість витання частинок основного зерна и сміттевої домішки. Різниця швидкостей витання компонентів зернової суміші надає можливість розділяти їх потоком повітря. Динаміка процесу аеродинамічного сепарування залежить від багатьох факторів: форми, розміру та питомої маси зерновки, робочої швидкості пневмосепарування, концентрації зернового потоку в каналі, форми осадової камери, тощо.

Досвід експлуатації камер аспіраційних БСХ-100.20 показав недостатню ефективність очищення на деяких режимах і типах сировини. Тому виникла необхідність пошуку модифікованої конструкції камери, що забезпечувала б необхідні характеристики за рахунок правильної організації структури течії повітря.

В даний час математичне (числове) моделювання стає одним з найбільш економічних та зручних способів детального аналізу складних аеродинамічних процесів в технічних об'єктах.

Даний звіт підготовлено за результатами розробки науково-технічної продукції «Математичне моделювання течії повітря в камері аспіраційній БСХ-100.20 модифікованої конструкції».

Робота складається з вступу, двох розділів, висновків та переліку посилань.

В першому розділі описані математична постановка задачі та метод її вирішення.

В другому розділі наведені результати виконаних числових розрахунків і їх аналіз.

Робота містить 19 сторінок друкованого тексту, 2 таблиці та 11 ілюстрацій.

1 МАТЕМАТИЧНА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТА МЕТОД ЇЇ ВИРІШЕННЯ

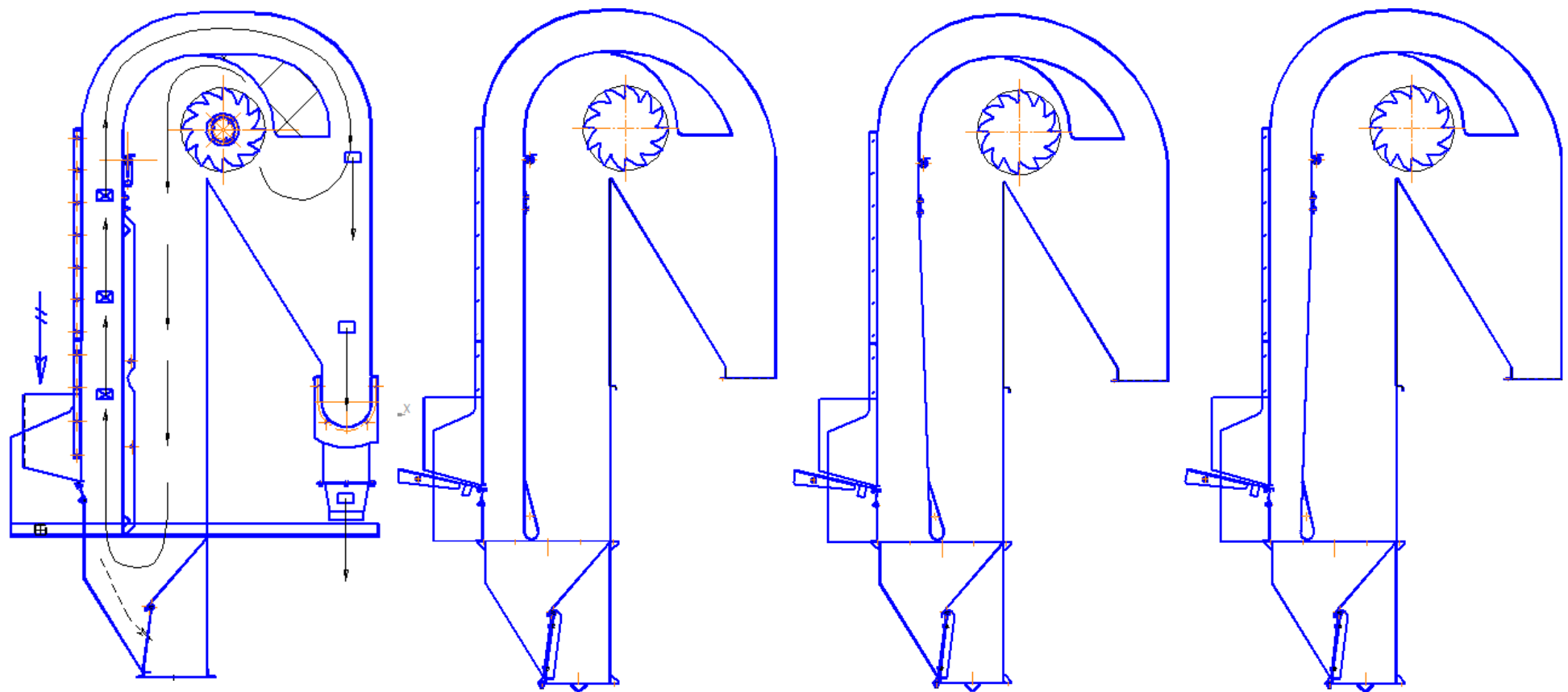
Об'єкт дослідження – камера аспіраційна БСХ-100.20 модифікованої конструкції з замкненим циклом повітря (рис. 1.1) сепаратора попереднього очищення зерна. Модифікована конструкція відрізняється від вихідної [1] формою верхньої частини осадової камери та верхньої зігнутої перегородки, а також наявністю обтічника в нижній частині вертикальної перегородки між рециркуляційним і пневмосепаруючим каналами. Модифікована конструкція має три варіанти, що відрізняються положенням вертикальної перегородки:

- варіант № 1 – перегородка встановлена вертикально;
- варіант № 2 – перегородка відхилена вправо;
- варіант № 3 – перегородка відхилена вліво.

Повітря з температурою $T_{\text{п}}^* = 288 \text{ K}$ і абсолютним тиском $p_{\text{п}}^* = 101325 \text{ Па}$ подається діаметральним вентилятором в аспіраційну камеру з масовими витратами $G_{\text{п}} = 1,5 \text{ кг/с}$ на режимі 1 і $G_{\text{п}} = 1,7 \text{ кг/с}$ на режимі 2 (продуктивність вентилятора 4500 – 5000 м³/год.).

Предмет дослідження – структура течії, зокрема лінії току і розподіл швидкості та надлишкового статичного тиску повітря, в трьох варіантах проточної частини камери аспіраційної модифікованої конструкції сепаратора попереднього очищення зерна, а також траєкторії руху частинок, що сепаруються.

Фізико-математична постановка задачі та метод її вирішення наведені в [2].



а – вихідна конструкція [1]; б – модифікована конструкція, варіант № 1; в – модифікована конструкція, варіант № 2;
 г – модифікована конструкція, варіант № 3
 Рис. 1.1 – Камера аспіраційна BCX-100.20

Числові рішення відшукували в межах розрахункових областей, що являли собою перерізи трьох варіантів об'єкта дослідження площиною дзеркальної симетрії (рис. 1.2 а – в).

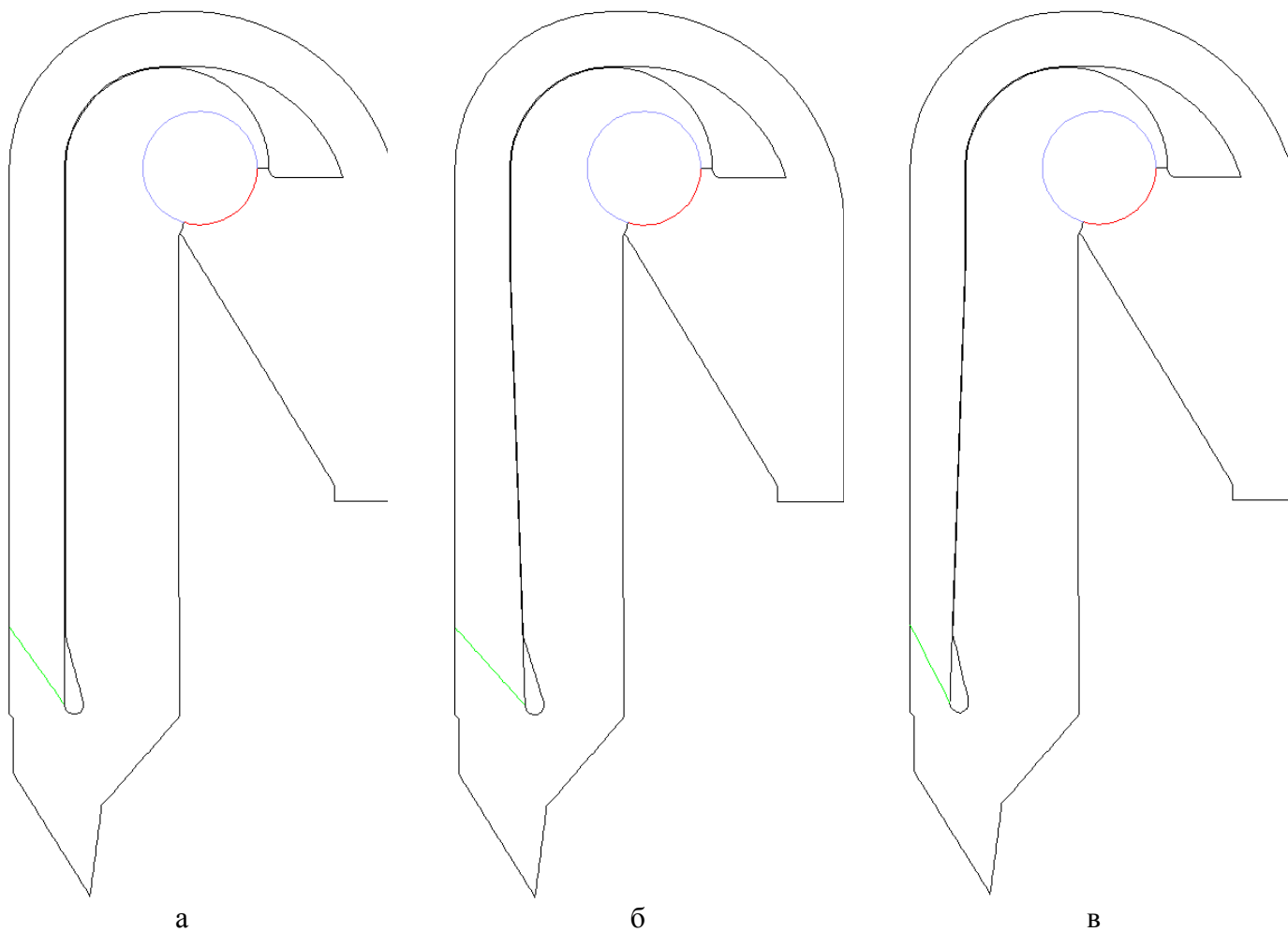
Розрахункові області вкривалися нерівномірними сітками, що містили 7200 чотирикутникові комірки кожна.

Типи граничних умов на межах розрахункових областей і числові значення фізичних параметрів ідентичні тим, що наведені в [2].

Траєкторії сепарованих частинок, що являли собою, як приклад, зернівки гречки (корисний продукт) і легких бур'янів (сміттєва домішка), моделювалися в постановці, що викладена в [2]. Уявлялось, що представницькі сепаровані частинки стартували з нульовою абсолютною швидкістю з двадцяти рівновіддалених точок, що розташовані на «стартовому» відрізку (показаний зеленим кольором на рис. 1.2 а – в, 2.1 – 2.5) в імовірному напрямку осипання зернової маси. Параметри представницьких сепарованих частинок наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Параметри представницьких частинок

Зернівка	Густина, кг/м ³	Еквівалентний діаметр, мм
Гречка	1250	3,5
Легкі бур'яни	1150	1,0



а – розрахункова область, варіант № 1; б – розрахункова область, варіант № 2; в – розрахункова область, варіант № 3;
синій – вхід; червоний – вихід; чорний – стінка; зелений – місце введення частинок

Рис. 1.2 – Розрахункові області

2 РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЛОВИХ РОЗРАХУНКІВ ТА ЇХ АНАЛІЗ

Результати числових розрахунків показані на рис. 2.1 – 2.9.

З порівняння структури течії повітря в вихідній конструкції та трьох варіантах модифікованої (рис. 2.1 – 2.3) можна з'ясувати наступне:

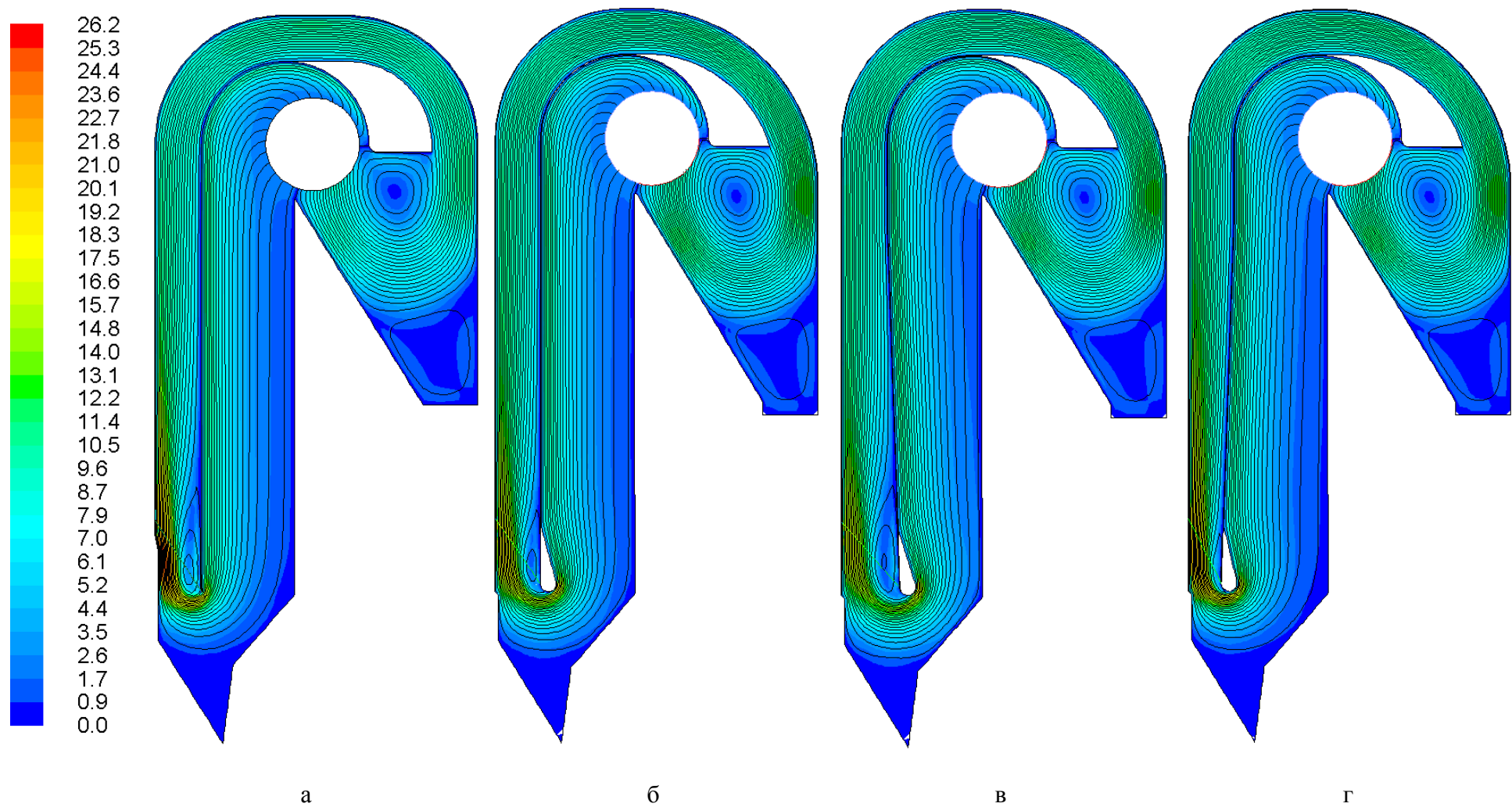
1) при повороті повітряного потоку в коліні на 180° та входженні в пневмосепаруючий канал найменша зона зворотних токів створюється в варіанті № 3 модифікованої конструкції. Зона зворотних токів в варіанті № 2 має найбільшу довжину і є співрозмірною з зоною зворотних токів в вихідній конструкції;

2) внаслідок відхилення вертикальної перегородки вліво та зменшення площі перерізу пневмосепаруючого каналу в районі обтічника найбільша швидкість потоку повітря в цій області спостерігається в варіанті № 3;

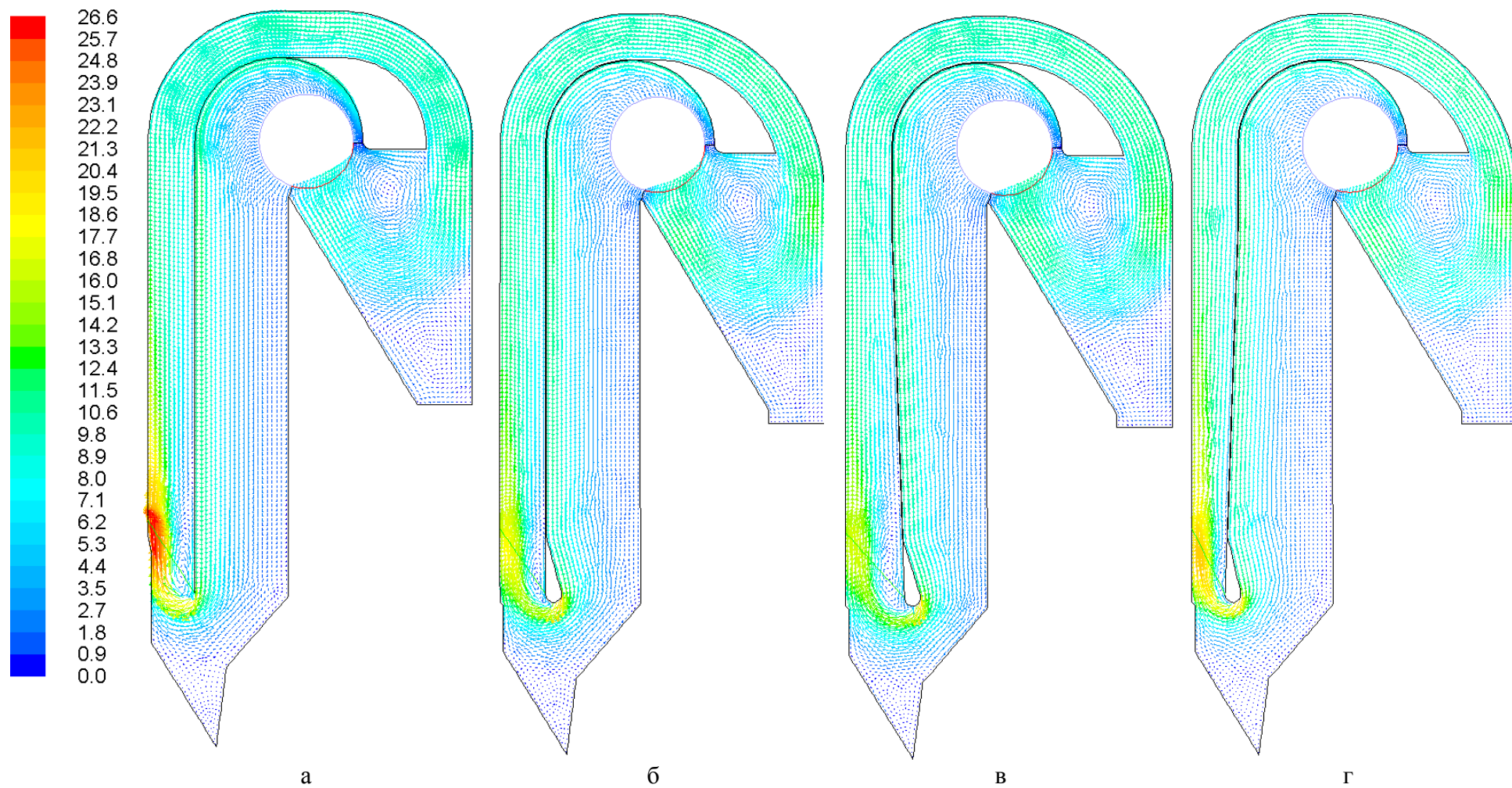
3) внаслідок зміни форми верхньої частини осадової камери в модифікованій конструкції спостерігається незначне підвищення швидкості руху повітря біля правої стінки осадової камери.

З рис. 2.4 і 2.5 видно, що при роботі вентилятора на режимі 1 всі зернівки гречки з параметрами, наведеними в табл. 1.1, потрапляють на вхід до випускних патрубків для виведення очищеного зерна з сепаратора, тоді як при роботі вентилятора з максимальною продуктивністю (режим 2) в варіантах № 1 і № 3 модифікованої конструкції відбувається викидання зернівок гречки локальним високошвидкісним висхідним потоком повітря в осадову камеру. При цьому 85 % і 70 % зернівок гречки відповідно (табл. 2.1) потрапляють на вхід в випускні патрубки для виведення очищеного зерна.

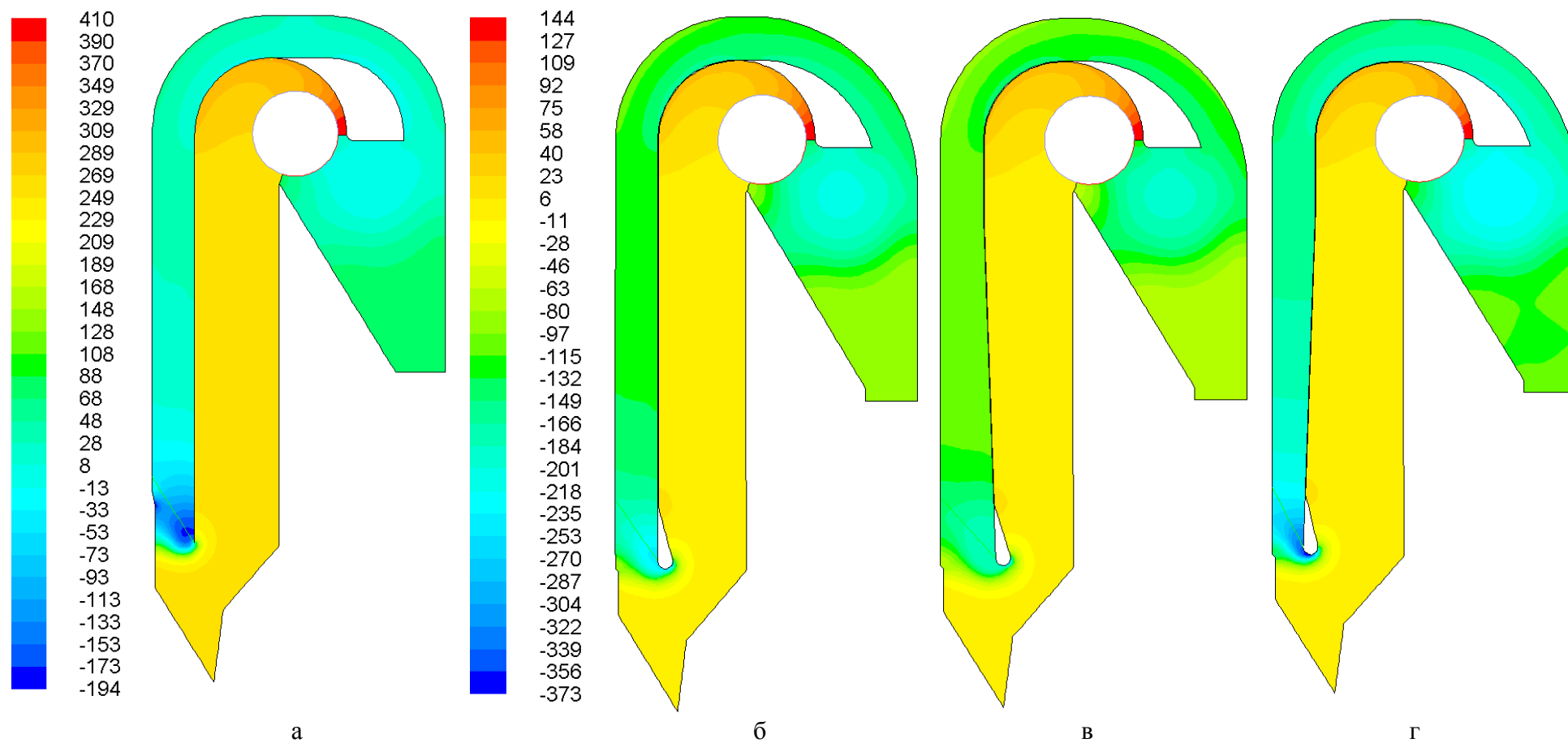
З рис. 2.6 і 2.7 видно, що при роботі вентилятора як на режимі 1, так і на режимі 2, в варіантах № 1 і № 2 модифікованої конструкції зернівки легких бур'янів з параметрами, наведеними в табл. 1.1, що потрапили до зони зворотних токів на вході в пневмосепаруючий канал, потрапляють на вхід випускних патрубків для виведення очищеного зерна з сепаратора. При цьому при роботі вентилятора на режимі 1 95 % і 70 % зернівок легких бур'янів відповідно викидаються в осадову камеру, а при роботі вентилятора на режимі 2 – 95 % і 85 % відповідно (див. табл. 2.1).



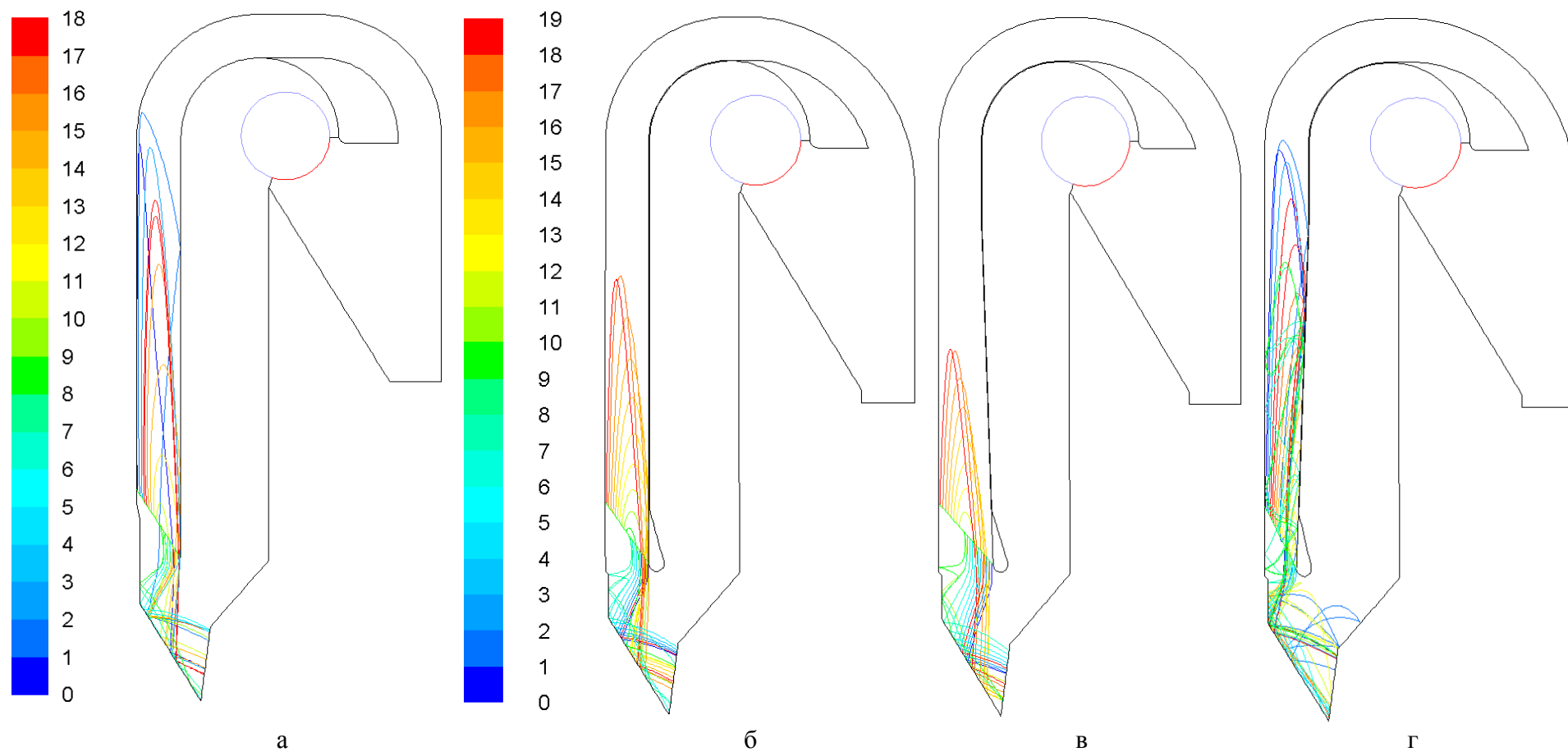
а – вихідна конструкція; б – варіант № 1; в – варіант № 2; г – варіант № 3
Рис. 2.1 – Лінії току повітря на фоні розподілу його абсолютної швидкості (м/с) (режим 2)



а – вихідна конструкція; б – варіант № 1; в – варіант № 2; г – варіант № 3
Рис. 2.2 – Вектори швидкості повітря, пофарбовані в відповідності з його абсолютною швидкістю (м/с) (режим 2)

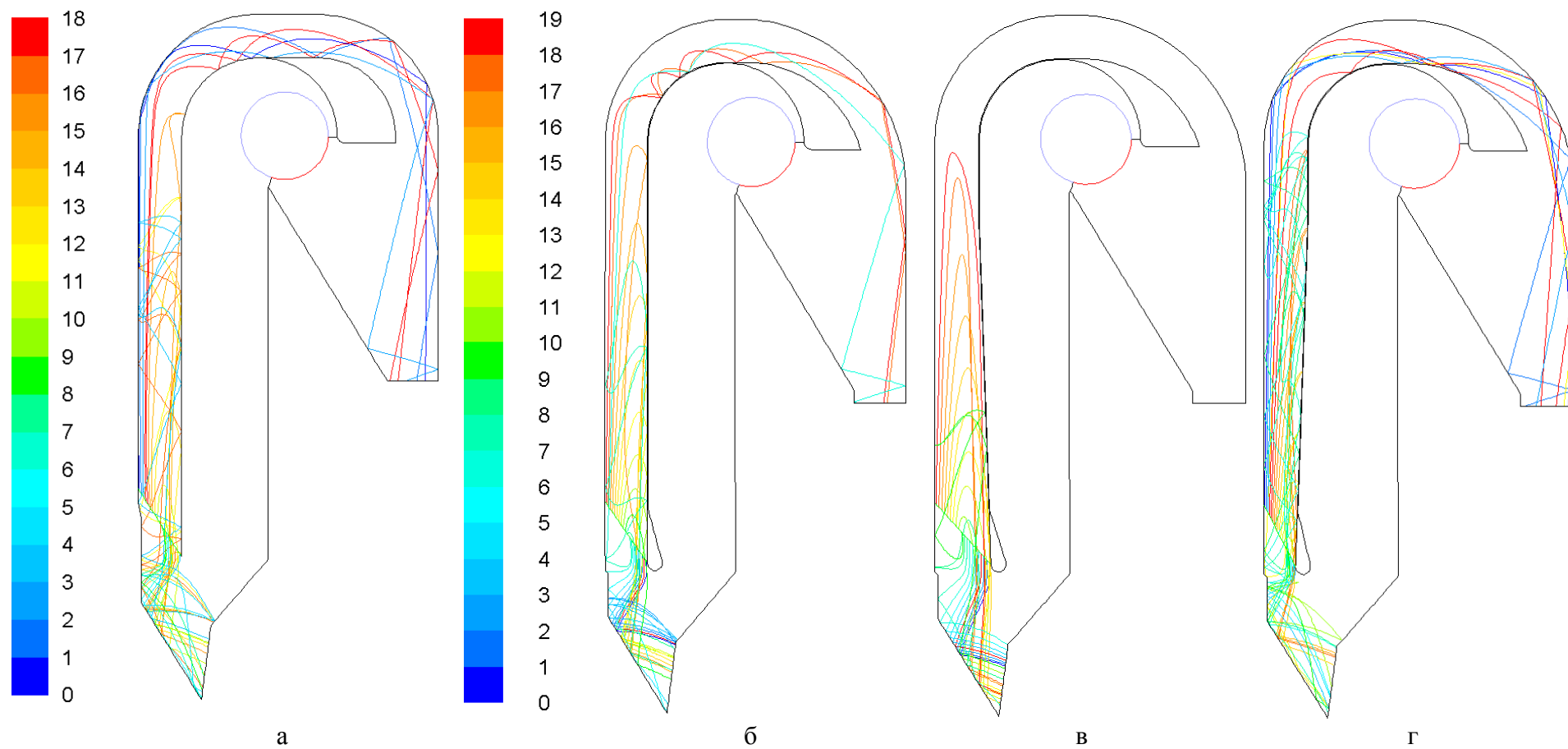


а – вихідна конструкція; б – варіант № 1; в – варіант № 2; г – варіант № 3
 Рис. 2.3 – Розподіл надлишкового статичного тиску повітря (Па) (режим 2)



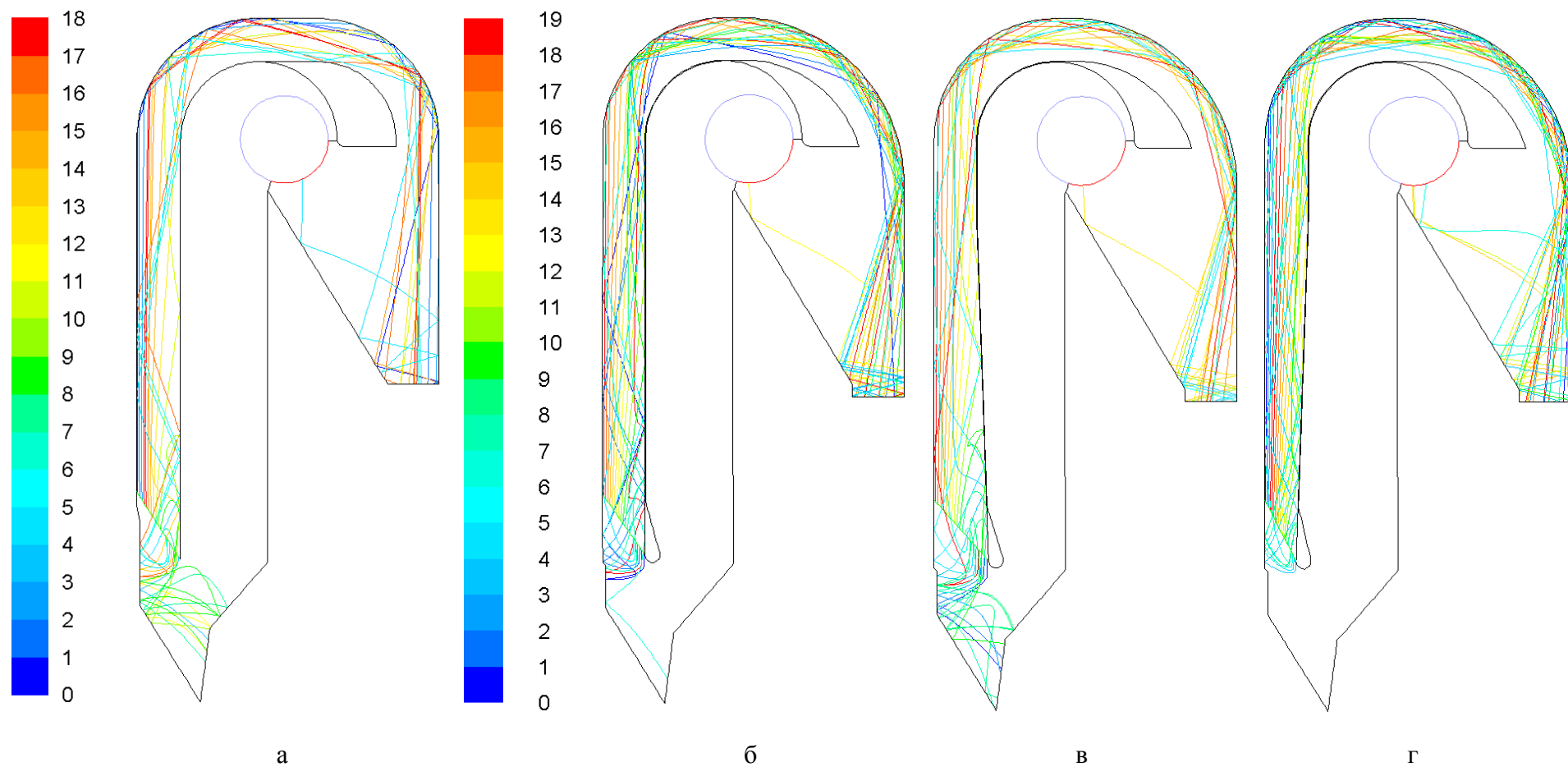
а – вихідна конструкція; б – варіант № 1; в – варіант № 2; г – варіант № 3

Рис. 2.4 – Траскторії руху частинок, що представляють зернівки гречки, пофарбовані в відповідності з їх ідентифікаційними номерами (режим 1)



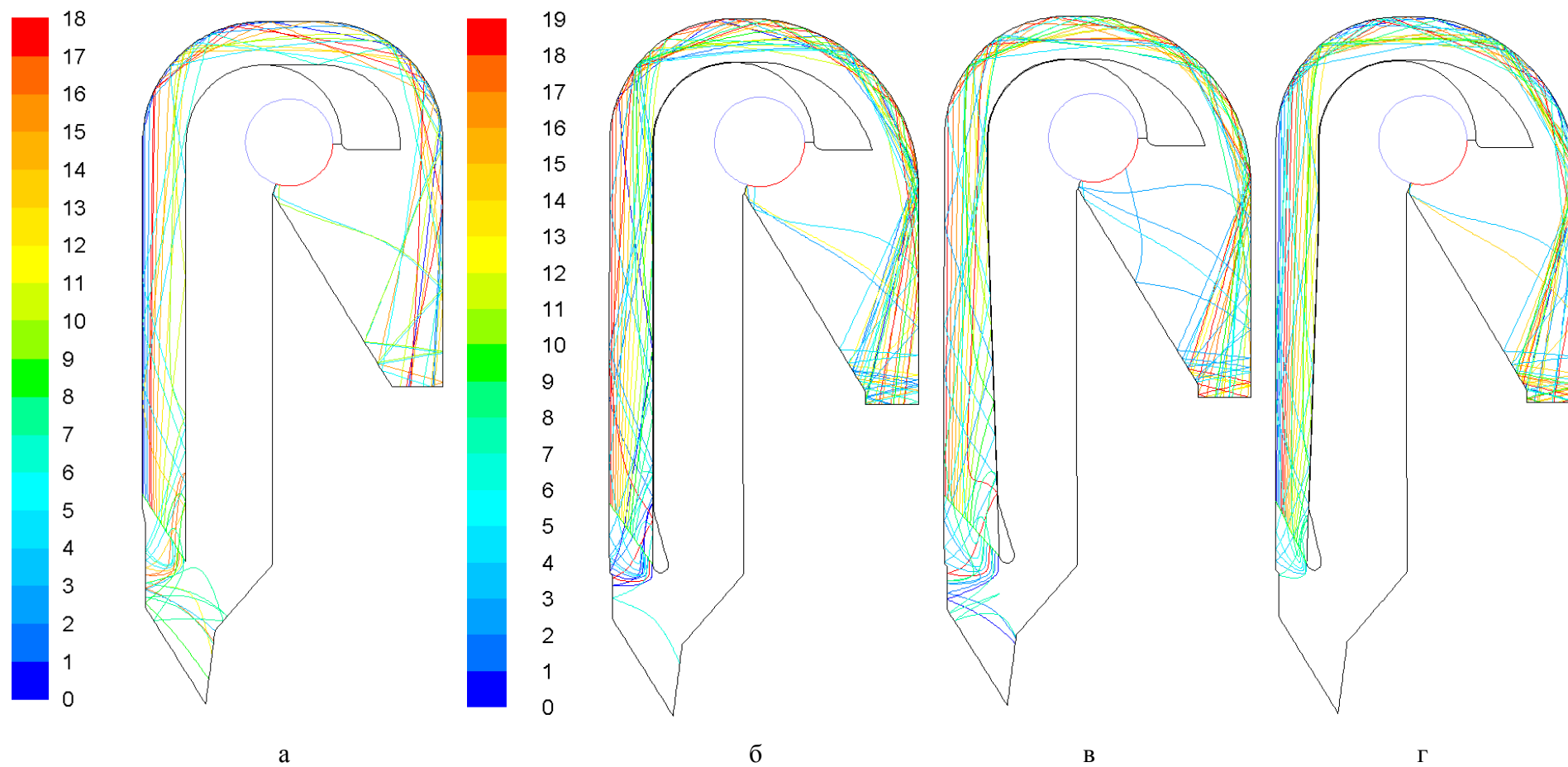
а – вихідна конструкція; б – варіант № 1; в – варіант № 2; г – варіант № 3

Рис. 2.5 – Траскторії руху частинок, що представляють зернівки гречки, пофарбовані в відповідності з їх ідентифікаційними номерами (режим 2)



а – вихідна конструкція; б – варіант № 1; в – варіант № 2; г – варіант № 3

Рис. 2.6 – Траєкторії руху частинок, що представляють зернівки легких бур'янів, пофарбовані в відповідності з їх ідентифікаційними номерами (режим 1)



а – вихідна конструкція; б – варіант № 1; в – варіант № 2; г – варіант № 3

Рис. 2.7 – Траєкторії руху частинок, що представляють зернівки легких бур'янів, пофарбовані в відповідності з їх ідентифікаційними номерами (режим 2)

Таблиця 2.1 – Кількість зернівок, що потрапляють до виходу, %

Конструкція	Зернівка	Вихід	Режим 1	Режим 2
Вихідна	Гречка	Патрубки для виведення зерна	100	74
		Осадова камера	-	26
	Бур'яни	Осадова камера	74	74
		Патрубки для виведення зерна	26	26
Варіант № 1	Гречка	Патрубки для виведення зерна	100	85
		Осадова камера	-	15
	Бур'яни	Осадова камера	95	95
		Патрубки для виведення зерна	5	5
Варіант № 2	Гречка	Патрубки для виведення зерна	100	100
		Осадова камера	-	-
	Бур'яни	Осадова камера	70	85
		Патрубки для виведення зерна	30	15
Варіант № 3	Гречка	Патрубки для виведення зерна	100	70
		Осадова камера	-	30
	Бур'яни	Осадова камера	100	100
		Патрубки для введення зерна	-	-

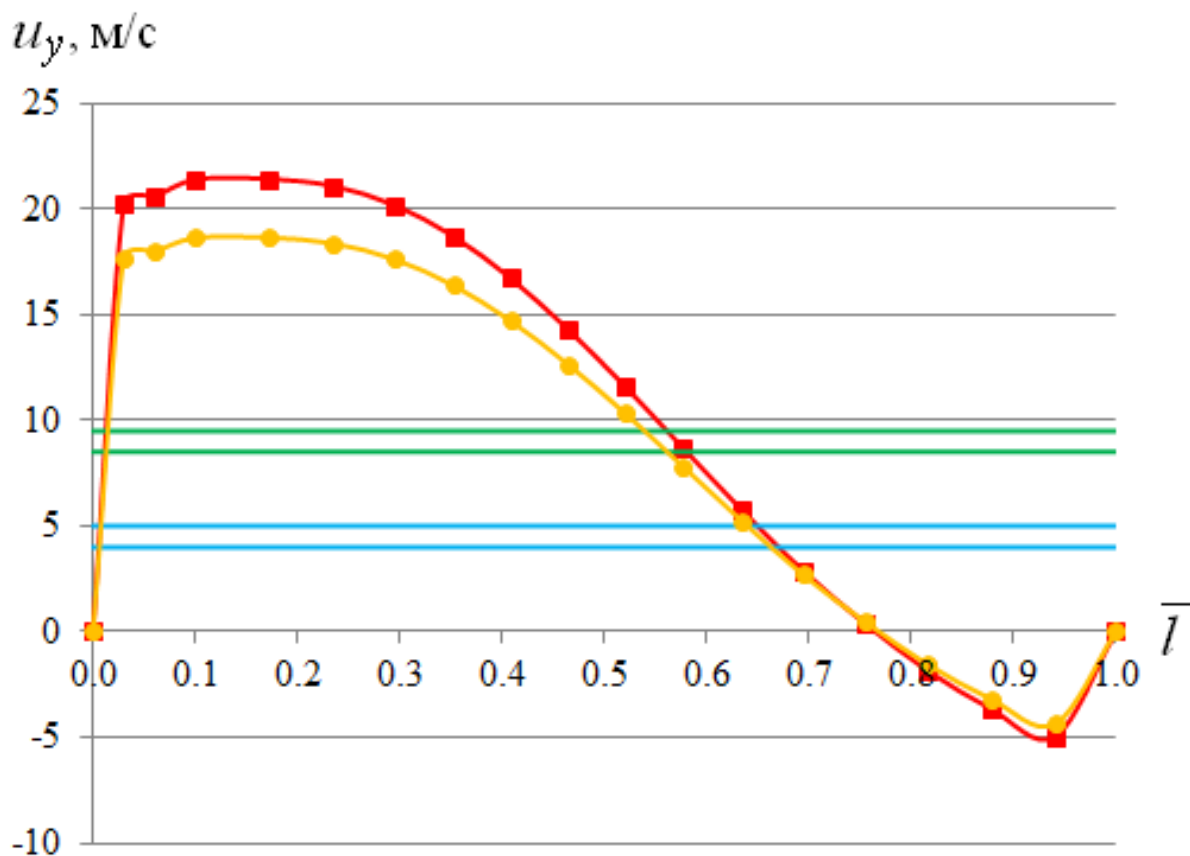


Рис. 2.8 – Розподіл вертикальної компоненти швидкості повітря u_y в вихідній конструкції по відносній довжині «стартового» відрізка $\bar{l}$, що показаний зеленим кольором на рис. 1.2, 2.1 – 2.7 (жовтий – режим 1; червоний – режим 2), в порівнянні з діапазонами швидкостей витання сепарованих частинок (зелений – гречка; синій – легкі бур'яни) [1]

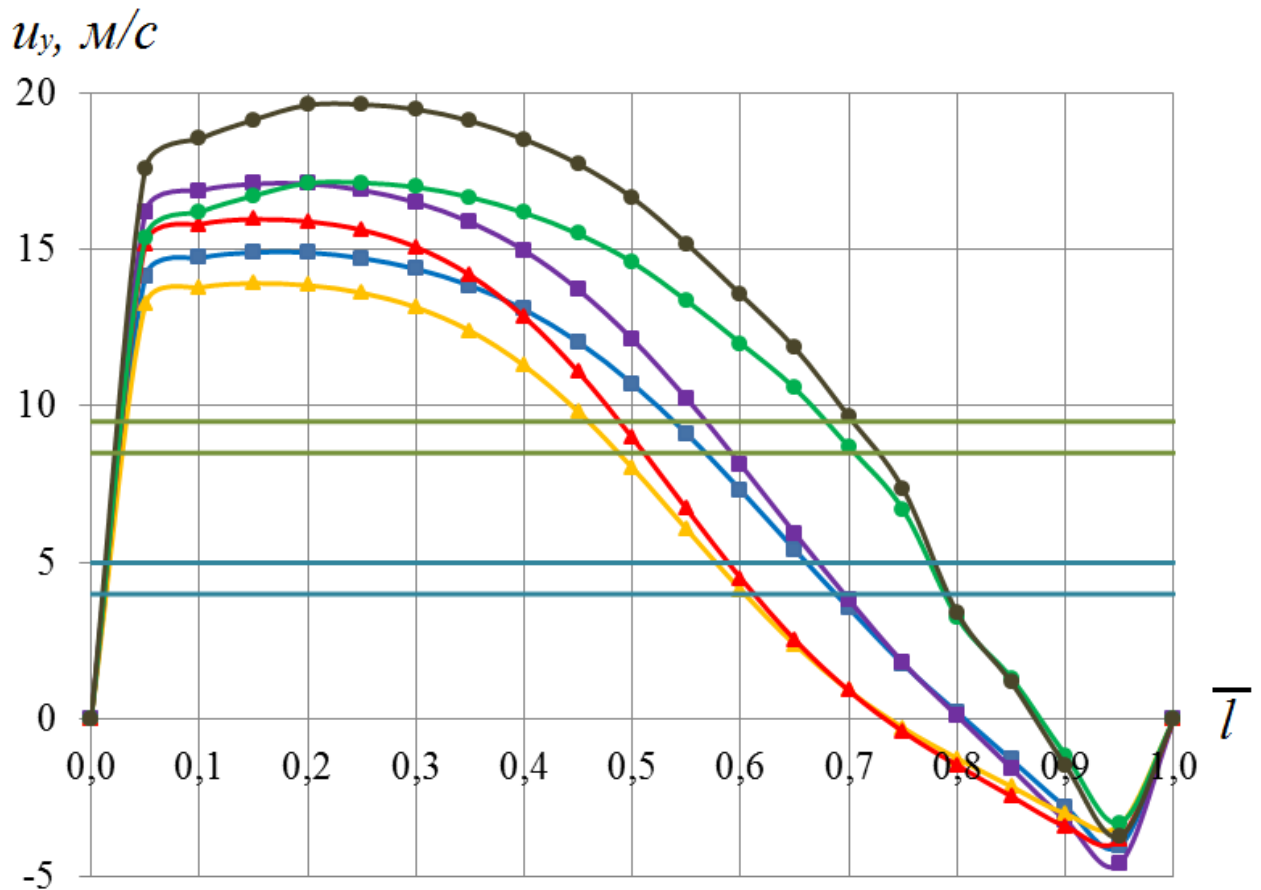


Рис. 2.9 – Розподіл вертикальної компоненти швидкості повітря u_y в вихідній конструкції по відносній довжині «стартового» відрізка, що показаний зеленим кольором на рис. 1.2, 2.1 – 2.7 (синій – варіант № 1, режим 1; фіолетовий – варіант № 1, режим 2; жовтий – варіант № 2, режим 1; червоний – варіант № 2, режим 2; зелений – варіант № 3, режим 1; коричневий – варіант № 3, режим 2), в порівнянні з діапазонами швидкостей витання сепарованих частинок (оливковий – гречка; бірюзовий – легкі бур'яни)

З рис. 2.9 видно, що як в вихідній, так і в модифікованій конструкціях аспіраційної камери, локальні значення вертикальної компоненти швидкості повітря u_y істотно змінюються поперек пневмосепаруючого каналу в місці осипання зернової маси з бітера, що створює передумови з одного боку до викидання корисного продукту в осадову камеру, а з іншої – до накопичення сміттевої домішки в зонах рециркуляції пневмосепаруючого каналу та потраплянню її до очищеного зерна.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання розробки:

а) сформульовано фізико-математичну постановку та вирішено числовим методом задачу про двомірну квазістаціонарну турбулентну течію повітря та рух частинок, що представляють корисний продукт і сміттєву домішку, в камері аспіраційній БСХ-100.20 модифікованої конструкції;

б) досягнено якісну відповідність результатів виконаних розрахунків наявним фізичним уявленням;

в) необхідна подальше удосконалення модифікованої конструкції камери аспіраційної БСХ-100.20 з метою зменшення викидання корисного продукту в осадову камеру та підмішування сміттєвої домішки до очищеного зерна.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Математическое моделирование течения воздуха в камере аспирационной с замкнутым циклом воздуха БСХ-100.20 сепаратора предварительной очистки зерна : отчёт / исполн.: Костюк В.Е., Кирилаш Е.И. – Хорол, 2014. – 14 с.

2. Математическое моделирование течения воздуха в пневмосепарирующей системе сепаратора предварительной очистки зерна СПО-50 : отчёт / исполн.: Костюк В.Е., Кирилаш Е.И. – Хорол, 2013. – 16 с.