

ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕРОВ ОСАДОЧНЫХ КАМЕР ДВУХАСПИРАЦИОННОЙ ПНЕВМОСИСТЕМЫ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Алексей Михайлович Гиевский
Владимир Иванович Оробинский
Алексей Викторович Чернышов
Иван Васильевич Баскаков
Дмитрий Сергеевич Тарабрин

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Проведены исследования с целью изыскания возможности уменьшения высоты осадочных камер и габаритных размеров двухаспирационной пневмосистемы зерноочистительной машины, а также снижения её сопротивления. Использовались известные методы планирования эксперимента, математического моделирования и системного анализа. Для обоснования размеров осадочных камер двухаспирационной системы определяли направления и скорости воздушного потока, используемого для отделения легковесных примесей и биологически неполноценного зерна. Для определения направления и скоростей воздушного потока в исследуемой двухаспирационной пневмосистеме было снято поле скоростей воздушного потока по сечению обеих осадочных камер. Для замера векторов скоростей воздушного потока в боковинах осадочных камер выполнялись отверстия для установки в них трубки Пито. В период проведения опытов отверстия герметизировались. Анализ результатов исследований показал, что размеры осадочных камер пневмосистемы можно уменьшить без существенного изменения показателей их работы. Параметры осадочной камеры дорешетной аспирации и осадочной камеры послерешетной очистки целесообразно уменьшить соответственно до следующих значений: глубину – до 0,55...0,65 м и 0,70...0,80 м, длину – до 1,00...1,10 м и 0,85...0,95 м, длину отражательной перегородки – до 0,085...0,09 м и 0,28...0,29 м. Уменьшение основных размеров осадочной камеры дорешетной очистки позволяет сократить количество легковесных примесей до 10-17% и снизить сопротивление пневмосистемы на 18,8-19,5%. Изменение высоты пневмосистемы дает возможность установки дополнительных ярусов решет в решетные станы без увеличения высоты воздушно-решетных зерноочистительных машин. При этом уменьшение длины осадочных камер позволит использовать пневмосистему на машинах с последовательным расположением двух решет в одном ярусе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пневмосистема, осадочная камера, скорость воздуха, сопротивление, зерноочистительная машина.

RATIONALE FOR THE SIZES OF SEDIMENTARY CHAMBERS OF A DOUBLE SUCTION PNEUMATIC SYSTEM OF GRAIN CLEANING MACHINES

Aleksey M. Giyevskiy
Vladimir I. Orobinsky
Aleksey V. Chernyshov
Ivan V. Baskakov
Dmitriy S. Tarabrin

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

Studies were conducted in order to find the possibility of reducing the height of sedimentary chambers and dimensions of a double suction pneumatic system of the grain cleaning machine, as well as reducing its resistance. The authors used the known methods of experimental planning, mathematical modeling and systemic analysis. In order to justify the sizes of sedimentary chambers of a double suction system the authors determined the directions and rates of air flow used to separate light-weight impurities and biologically defective grains. In order to determine the direction and rates of air flow in the studied pneumatic system the authors measured the air flow velocity field by the section of both sedimentary chambers. To measure the air flow velocity vectors holes were made in the sidewalls of sedimentary chambers for mounting a pitot tube. During the experiment the holes were pressure-sealed. The analysis of research results showed that the sizes of sedimentary chambers of a pneumatic system can be decreased without any significant changes in their performance. It is feasible to decrease the parameters of the sedimentary chamber for pre-sieve suction and sedimentary chamber for post-sieve cleaning down to the following values: depth – to 0.55 ... 0.65 m and 0.70 ... 0.80 m, length – to 1.00 ... 1.10 m and 0.85 ... 0.95 m, and length of the deflecting baffle – to 0.085 ... 0.09 m and 0.28 ... 0.29 m, respectively. A decrease in the main dimensions of the pre-sieve cleaning sedimentary chamber allows reducing the

amount of light-weight impurities to 10-17% and resistance of the pneumatic system by 18.8-19.5%. Changing the height of the pneumatic system allows installing additional decks of sieves into the sieve pans without increasing the height of air-and-sieve grain cleaning machines. At the same time a decrease in the length of sedimentary chambers will allow using the pneumatic system on machines with in-line arrangement of two sieves in one pan.

KEY WORDS: pneumatic system, sedimentary chamber, air flow velocity, resistance, grain cleaning machine.

Введение

В России в последнее время большое внимание уделяется повышению качества послеуборочной обработки зерна. Подготовка товарного зерна и семян напрямую зависит от применения современных зерноочистительных машин, в которых разделение по аэродинамическим свойствам в пневмосистемах является одним из основных критериев, обеспечивающих качественную обработку зернового материала [2, 3, 6, 8, 9, 17, 18].

Осадочные камеры пневмосистемы служат для осаждения выделенных воздушным потоком различных компонентов вороха [1, 5, 7, 10, 14, 15, 16]. Многие современные универсальные воздушно-решетные зерноочистительные машины ведущих зарубежных фирм имеют достаточно компактную воздушную систему, в которой высота осадочных камер редко превышает 0,5...0,6 м [19, 20, 21, 22, 23]. Это дает возможность разместить большее число ярусов решет в решетной очистке без значительного увеличения габаритных размеров, а также повысить производительности машин в целом.

На кафедре сельскохозяйственных машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» разработана двухаспирационная пневмосистема (рис. 1) [4, 5, 13], которая включает в себя осадочные камеры дорешетной 1 и послерешетной 2 аспираций, поворотный разделительный клапан осадочной камеры дорешетной аспирации 3 и клапан 4 скорости воздушного потока, устройство для вывода неполноценных зерновок и засорителей 5, пневмосепарирующие каналы дорешетной 6 и послерешетной 7 аспираций, питающее устройство для ввода зернового вороха 8, выводной канал 9 с гравитационным клапаном 10, всасывающий воздуховод 11. Двухаспирационная пневмосистема снабжена вентилятором, который монтируется за пределами машины [2].

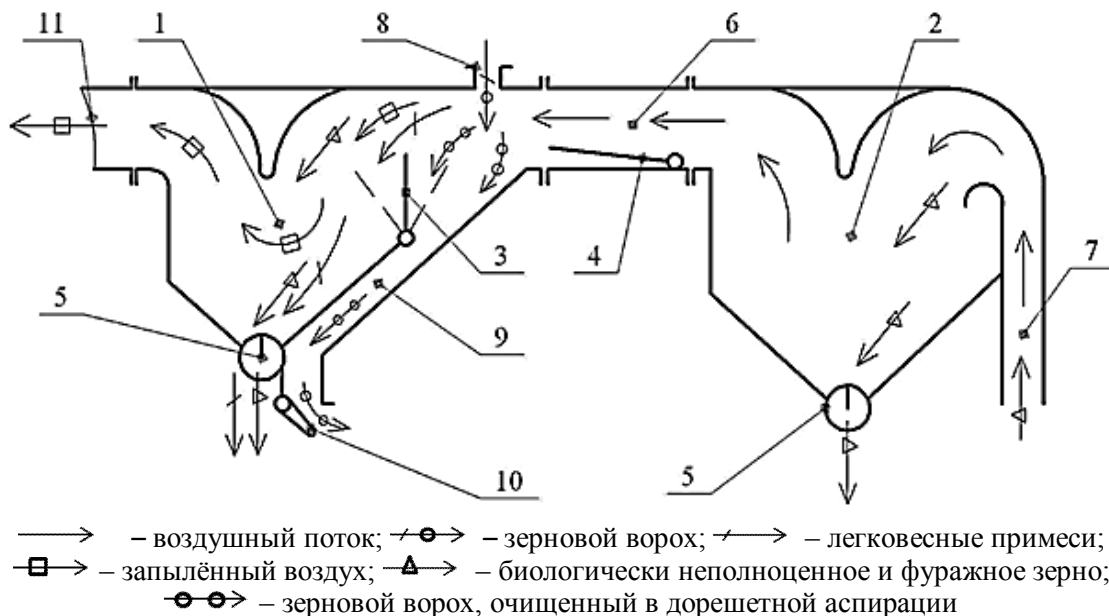


Рис. 1. Схема работы двухаспирационной пневмосистемы: 1 – осадочная камера дорешетной аспирации (ОК ДА); 2 – осадочная камера послерешетной аспирации (ОК ПА); 3 – поворотный разделительный клапан ОК ДА; 4 – клапан регулировки скорости воздушного потока; 5 – устройство для вывода неполноценных зерновок и засорителей; 6 – пневмосепарирующий канал дорешетной аспирации; 7 – пневмосепарирующий канал послерешетной аспирации; 8 – питающее устройство для ввода зернового вороха; 9 – выводной канал; 10 – гравитационный клапан; 11 – всасывающий воздуховод

В рассматриваемой пневмосистеме забор воздушного потока осуществляется радиальным вентилятором (на схеме не показан) через вертикальный канал послерешетной очистки 7. После осадочной камеры 2 воздушный поток последовательно используется в горизонтальном канале дорешетной очистки 6 и его осадочной камеры 1 [5]. Зерновой ворох питающим устройством 8 подается в пневмосепарирующий канал дорешетной аспирации 6, где отделяются легковесные и биологически неполноценные зерновки и подаются в осадочную камеру дорешетной аспирации 1, откуда устройством 5 выводятся из пневмосепаратора. Очищенный от легковесных примесей зерновой ворох по выводному каналу 9, снабженному гравитационным клапаном 10, поступает на решетный стан (на схеме не показан), где отсеивается мелкая, крупная примесь и фуражная фракция. Выделенная на решетках основная фракция обрабатываемого зернового вороха попадает в пневмосепарирующий канал послерешетной аспирации 7, где оставшаяся часть биологически неполноценного зерна подвергается воздействию воздушного потока и транспортируется в осадочную камеру послерешетной аспирации 2, откуда устройством 5 выводится из машины [5].

При проектировании конструкции осадочных камер были учтены результаты исследований А.В. Алешкина и других ученых [1, 12], а также результаты математического моделирования работы пневмосистемы.

Цель исследований – изыскание возможности уменьшения высоты осадочных камер и габаритных размеров пневмосистемы зерноочистительной машины, а также снижение её сопротивления.

Объект исследования – геометрические параметры конструкции двухаспирационной пневмосистемы зерноочистительной машины.

Предмет исследований – воздушный поток, используемый для отделения легковесных примесей и биологически неполноценного зерна в двухаспирационной пневмосистеме зерноочистительной машины.

Методы исследований

Для определения направления и скоростей воздушного потока в исследуемой двухаспирационной пневмосистеме было снято поле скоростей воздушного потока по сечению обеих осадочных камер. Для замера векторов скоростей воздушного потока в боковинах осадочных камер выполнялись отверстия для установки в них трубки Пито. В период проведения опытов отверстия герметизировались. Отверстия располагали рядами с шагом по горизонтали 200 мм и вертикали 150 мм. При этом верхний ряд отверстий размещали на расстоянии 55 мм от верхней стенки камер. Выше конца отражательной перегородки расположены два ряда отверстий, что дает возможность замерять скорости воздушного потока в местах перехода канала дорешетной аспирации 6 в осадочную камеру 1 и самой осадочной камеры к всасывающему воздуховоду 11, идущему к вентилятору. При проведении исследований использовался системный анализ.

Результаты и их обсуждение

Горизонтальным каналом дорешетной аспирации выделяется основная часть легковесных примесей, засорителей, часть дробленого и фуражного зерна, некоторая часть биологически неполноценного зерна и недомолоченных зерновок. Основная часть выделенных компонентов, за исключением небольшой доли незерновых легковесных примесей, оседает в осадочной камере.

Первоначально при изготовлении осадочных камер дорешетной и послерешетной очистки были учтены результаты исследований пневмосистем со встроенным внутри камеры диаметральной вентилятором [11, 16].

Изначально осадочная камера дорешетной аспирации (ОК ДА) выполнена со смещением выгрузного устройства к выходному окну (рис. 2) и имеет следующие основные геометрические параметры:

- глубина от верхней стенки до фланца крепления выгрузного устройства $H_{ок}^{ДА} - 1,12 \text{ м}$;
- длина $L_{ок}^{ДА} - 1,69 \text{ м}$;
- стенка дна камеры со стороны горизонтального канала установлена под углом к горизонтали $\beta^{ДА}$, равным 40° , с выходной стороны $\alpha^{ДА} = 50^\circ$;
- длина отражательной перегородки $l_{п}^{ДА} = 0,34 \text{ м}$;
- положение оси поворотного разделительного клапана $H_{к}^{ДА}$ определено на основании математического моделирования и составляет относительно верхней стенки камеры $0,45 \text{ м}$;
- положение фланца входного окна со стороны канала $H_{в}^{ДА} = 0,26 \text{ м}$;
- глубина всасывающего воздуховода $H_{ф}^{ДА} = 0,26 \text{ м}$;
- расстояние от верхней стенки до места крепления клапана $H_{к}^{ДА} = 0,45 \text{ м}$;
- высота поворотного разделительного клапана $h_{к}^{ДА} = 0,145 \text{ м}$.

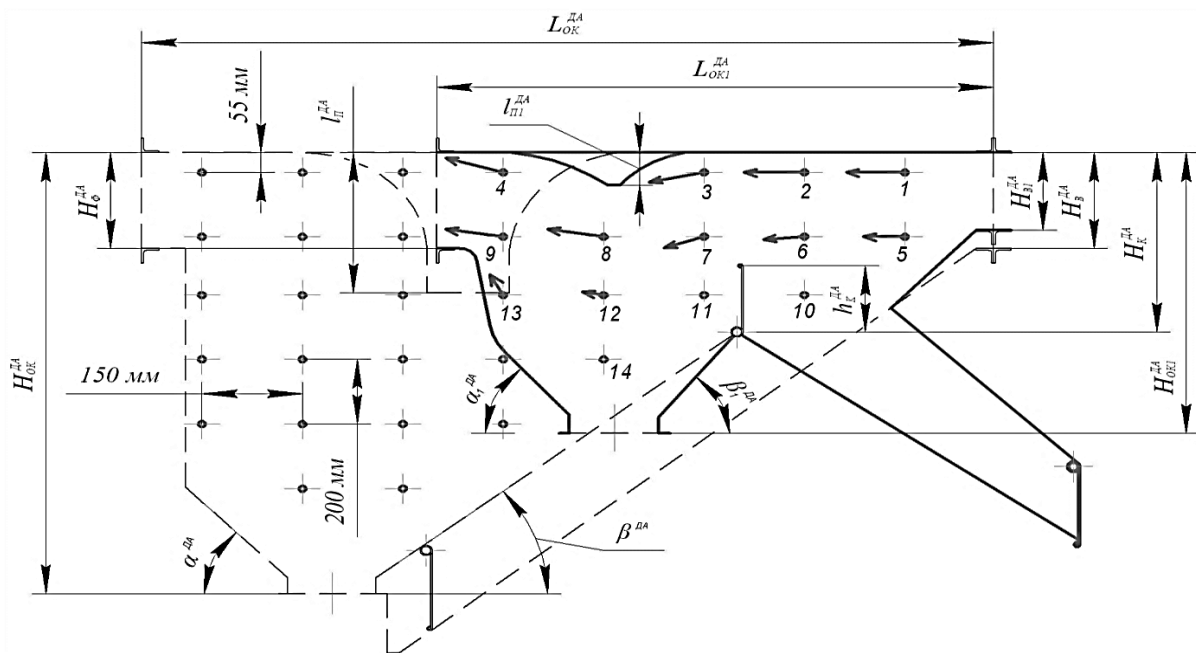


Рис. 2. Векторное поле скоростей воздушного потока по сечению осадочной камеры канала дорешетной аспирации уменьшенных размеров:

1...14 – точки замеров; $H_{ок}^{ДА}$ – глубина ОК ДА; $H_{ок1}^{ДА}$ – глубина ОК ДА уменьшенных размеров;

$L_{ок}^{ДА}$ – длина ОК ДА; $L_{ок1}^{ДА}$ – длина ОК ДА уменьшенных размеров;

$H_{к}^{ДА}$ – расстояние от верхней стенки до места крепления клапана;

$h_{к}^{ДА}$ – высота поворотного разделительного клапана ОК ДА;

$l_{п}^{ДА}$ – длина отражательной перегородки ОК ДА;

$l_{п1}^{ДА}$ – длина отражательной перегородки ОК ДА уменьшенных размеров;

$H_{ф}^{ДА}$ – глубина всасывающего воздуховода; $H_{в}^{ДА}$ – глубина входного окна;

$H_{в1}^{ДА}$ – глубина входного окна ОК ДА уменьшенных размеров;

$\alpha^{ДА}$ – угол установки стенки дна камеры с выходной стороны ОК ДА;

$\alpha_1^{ДА}$ – угол установки стенки дна камеры с выходной стороны ОК ДА уменьшенных размеров;

$\beta^{ДА}$ – угол установки стенки дна камеры с входной стороны ОК ДА;

$\beta_1^{ДА}$ – угол установки стенки дна камеры с входной стороны ОК ДА уменьшенных размеров

Первоначально осадочная камера послерешетной аспирации (ОК ПА) снабжена дном симметричной формы, выполнена с незначительным смещением выгрузного устройства к выходному окну (рис. 3) и имеет следующие основные геометрические параметры:

- глубина от верхней стенки до фланца крепления выгрузного устройства $H_{OK}^{ПА}$ – 1,22 м;
- длина $L_{OK}^{ПА}$ – 1,76 м;
- стенка дна камеры с входной стороны установлена под углом к горизонтали $\alpha^{ПА}$, равным 40° , с выходной стороны $\beta^{ПА} = 50^\circ$;
- длина отражательной перегородки $l_{II}^{ПА}$ – 0,34 м.

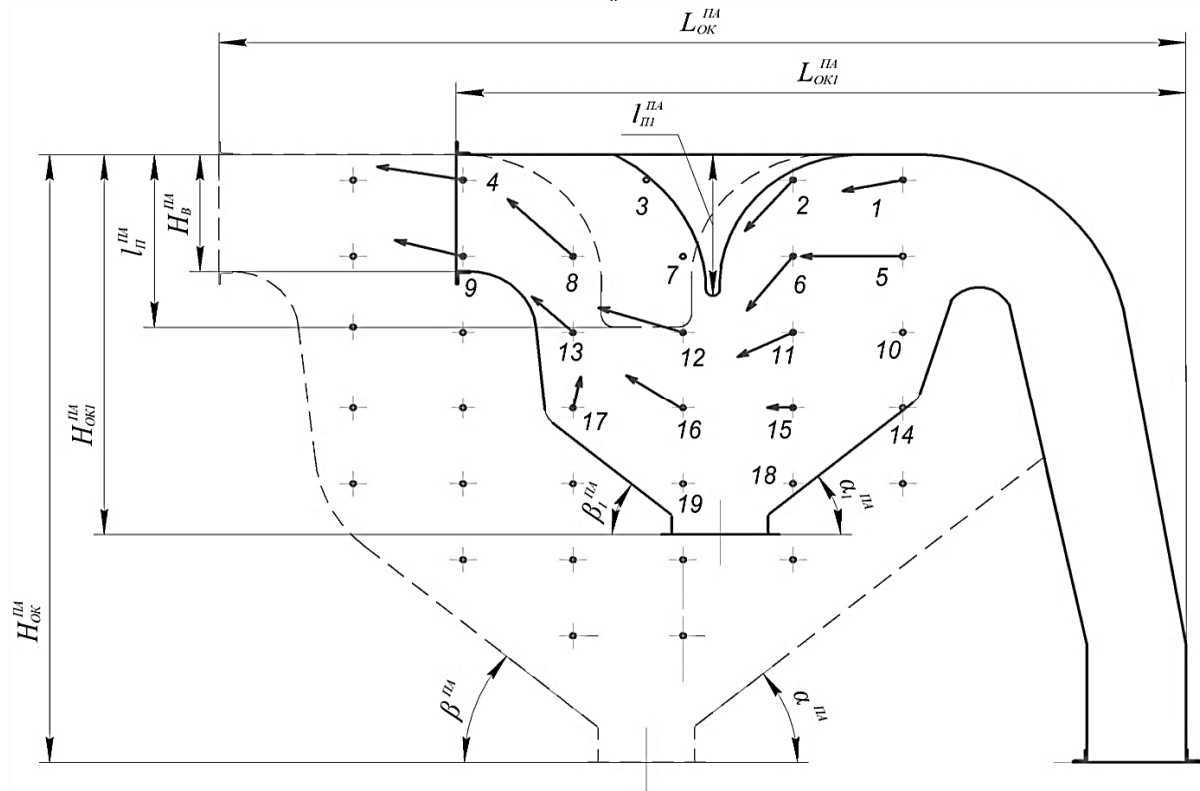


Рис. 3. Векторное поле скоростей воздушного потока по сечению осадочной камеры канала послерешетной аспирации уменьшенных размеров: 1...19 – точки замеров; $H_{OK}^{ПА}$ – глубина;

$H_{OK1}^{ПА}$ – глубина ОК ПА уменьшенных размеров; $L_{OK}^{ПА}$ – длина ОК ПА;

$L_{OK1}^{ПА}$ – длина ОК ПА уменьшенных размеров; $l_{II}^{ПА}$ – длина отражательной перегородки ОК ПА;

$l_{III}^{ПА}$ – длина отражательной перегородки ОК ПА уменьшенных размеров; $H_B^{ПА}$ – глубина выходного

окна; $\alpha^{ПА}$ – угол установки стенки дна камеры с входной стороны ОК ПА; $\alpha_1^{ПА}$ – угол установки

стенки дна камеры с входной стороны ОК ПА уменьшенных размеров; $\beta^{ПА}$ – угол установки

стенки дна камеры с выходной стороны ОК ПА; $\beta_1^{ПА}$ – угол установки стенки дна камеры с выходной стороны ОК ПА уменьшенных размеров

В задачи исследований не входило полное выделение осадочной камерой послерешетной аспирации легких примесей, имеющих скорость витания менее 4,0 м/с, так как воздушный поток впоследствии используется в канале дорешетной очистки.

На рисунках 2 и 3, наряду с контуром осадочной камеры и расположением точек замера, нанесено векторное поле скоростей воздушного потока в сечении осадочных камер уменьшенных размеров пневмосистем дорешетной и послерешетной аспираций. Значения векторов скоростей воздушного потока в осадочных камерах уменьшенных размеров пневмосистем дорешетной и послерешетной аспираций после изменения размеров представлены в таблице.

Значения векторов скоростей воздушного потока в точках замера осадочных камер уменьшенных размеров

№ точки на схеме	Скорость воздушного потока, м/с	Угол между вектором и горизонталью, град	№ точки на схеме	Скорость воздушного потока, м/с	Угол между вектором и горизонталью, град
Пневмосистема дорешетной аспирации			Пневмосистема послерешетной аспирации		
1	7,1	0	1	5,4	11
2	7,2	0	2	8,0	50
3	7,1	11	3	0	0
4	6,3	343	4	7,5	350
5	5,9	0	5	9,0	0
6	5,9	7	6	8,8	52
7	4,9	17	7	0	0
8	6,1	350	8	8,3	317
9	6,0	354	9	6,2	346
10	0	0	10	0	0
11	0	0	11	5,9	26
12	2,1	348	12	9,3	342
13	2,7	290	13	4,7	317
14	0	0	14	0	0
-	-	-	15	1,6	2
-	-	-	16	5,8	326
-	-	-	17	1,9	257
-	-	-	18	0	0
-	-	-	19	0	0

В результате анализа исследований по распределению скорости воздушного потока по сечению осадочных камер дорешетной и послерешетной аспираций получили уменьшенные габаритные размеры осадочных камер и длины отражательных перегородок, которые не снижают качество работы пневмосистемы.

Длина $L_{ок}^{ДА}$ и глубина $H_{ок}^{ДА}$ осадочной камеры дорешетной аспирации уменьшились соответственно на 0,59 и 0,47 м и составили $L_{ок1}^{ДА} = 1,1$ м и $H_{ок1}^{ДА} = 0,65$ м. Глубину $H_{в1}^{ДА}$ входного окна осадочной камеры дорешетной аспирации уменьшенных размеров можно сократить до 0,23 м. Длина отражательной перегородки осадочной камеры дорешетной аспирации уменьшена до $l_{п1}^{ДА} = 0,085$ м, или в 4,0 раза. Боковые стенки осадочной камеры дорешетной аспирации уменьшенных размеров имеют симметричное расположение и установлены к горизонтали под углами $\alpha_1^{ДА}$, $\beta_1^{ДА}$, равными 50° . Глубина $H_{\phi}^{ДА}$ всасывающего воздуховода, расстояние от верхней стенки до места крепления клапана $H_{к}^{ДА}$ и высота клапана $h_{к}^{ДА}$ соотношения секций осадочной камеры дорешетной аспирации уменьшенных размеров не изменялись.

Анализ представленных данных показывает, что существенное уменьшение длины отражательной перегородки $l_{п}^{ДА}$ исключило дополнительные повороты воздушного потока. При этом в уменьшенной камере наблюдается плавное одностороннее расширение воздушного потока и более резкое его сужение при входе в воздухоотводящий канал. Максимальные значения скорости по длине канала меняются от 6,1 до 7,2 м/с.

Уменьшение размеров секции осадочной камеры канала дорешетной аспирации позволило изменить соотношение между легковесными компонентами, осаждаемыми в осадочной камере и выносимыми в пылеотделитель, имеющими скорость витания менее 5,7 м/с. Доля данных примесей со скоростями витания менее 5,7 м/с, которые осаждаются в осадочную камеру дорешетной аспирации, снижается в 2,95...3,1 раза. Это уменьшает их удельный вес в выделенном каналом дорешетной аспирации ворохе до 10...17%, что позволит использовать его как фураж без дополнительной очистки.

Глубину осадочной камеры канала послерешетной аспирации $H_{ок}^{пн}$ удалось уменьшить на $0,44$ м до $0,78$ м. Длина осадочной камеры канала $L_{ок}^{пн}$ уменьшилась на $0,43$ м с одновременным уменьшением длины отражательной перегородки $l_n^{пн}$ до $0,28$ м. С учетом изменения длины камеры изменилось положение отражательной перегородки и выгрузного устройства. Углы установки стенки дна камеры $\alpha_1^{пн}$ и $\beta_1^{пн}$ с обеих сторон составили 40° относительно горизонтали. Поле скоростей воздушного потока осадочной камеры послерешетной очистки в точках замера представлено на рисунке 3. Уменьшение размеров осадочной камеры канала послерешетной аспирации не сказалось существенным образом на распределении скоростей в ее сечении (см. табл.).

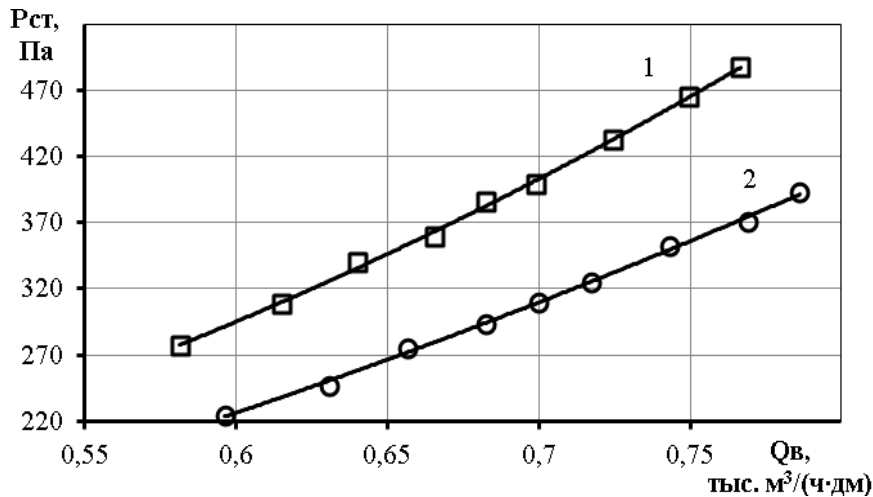


Рис. 4. Изменение статического сопротивления пневмосистемы $P_{ст}$ при разных конструктивных параметрах:
1 – пневмосистема стандартных размеров ($H_d = 0,65$ м; $H_n = 0,78$ м);
2 – пневмосистема уменьшенных размеров ($H_d = 1,12$ м; $H_n = 1,22$ м)

В нижней части камеры послерешетной аспирации наблюдается зона практически с нулевыми значениями скоростей воздушного потока, что позволяет осаждаться вынесенным легковесным примесям. Высота этой зоны составляет $10...15\%$ от общей глубины осадочной камеры. Максимальные значения скорости $9,3$ м/с наблюдаются в зоне поворота воздушного потока к выходному окну или его входу в канал дорешетной аспирации.

Для подтверждения целесообразности уменьшения габаритных размеров осадочных камер и пневмосистемы в целом была проведена оценка сопротивления пневмосистемы.

Уменьшение длины отражательной перегородки осадочной камеры канала дорешетной аспирации, наряду с уменьшением её габаритных размеров, оказало существенное влияние на статическое сопротивление, которое снизилось в $2,39...2,83$ раза. За счет уменьшения сопротивления пневмосистемы при неизменном режиме работы вентилятора наблюдается увеличение расхода воздуха в пределах $4,5...5,6\%$.

Изменение параметров осадочной камеры канала послерешетной очистки в меньшей степени сказалось на её сопротивлении. Сопротивление снизилось на $10...19$ Па, или на $15...18\%$.

Сопротивление всей пневмосистемы, включая пневмосепарирующие каналы, осадочные камеры и воздухозаборный канал, уменьшилось при изменении параметров осадочных камер и их элементов на $52...95$ Па, или на $18,8...19,5\%$ (рис. 4).

Большее абсолютное снижение сопротивления соответствует большему расходу воздуха пневмосистемой и составляет $90...95$ Па. Сопротивление пневмосистемы с уменьшенными габаритными размерами при скорости в канале послерешетной очистки $11,5...11,8$ м/с не превышает 400 Па.

Общее сопротивление пневмосистемы установки в зависимости от расхода воздуха Q_e в обоих случаях изменяется по известной квадратичной зависимости

$$P_{ст} = k_n \cdot Q_e^2, \text{Па}.$$

Коэффициент сопротивления пневмосистемы при больших размерах осадочных камер составляет $k_n = 9,28 \cdot 10^{-5} \text{ Па} / (\text{м}^3 / \text{ч})^2$, а при уменьшенных размерах пневмосистемы снижается в 1,32 раза и составляет $k_n = 7,02 \cdot 10^{-5} \text{ Па} / (\text{м}^3 / \text{ч})^2$.

Заключение

1. Размеры осадочных камер пневмосистемы можно уменьшить без существенных изменений показателей их работы. Уменьшение параметров возможно до следующих значений:

1) осадочная камера дорешетной очистки: глубина – до $H_{ок1}^{дл} = 0,55 \dots 0,65 \text{ м}$, длина – до $L_{ок1}^{дл} = 1,00 \dots 1,10 \text{ м}$, длина отражательной перегородки – до $l_{от1}^{дл} = 0,085 \dots 0,09 \text{ м}$;

2) осадочная камера послерешетной очистки: глубина – до $H_{ок1}^{посл} = 0,70 \dots 0,80 \text{ м}$, длина – до $L_{ок1}^{посл} = 0,85 \dots 0,95 \text{ м}$, длина отражательной перегородки – до $l_{от1}^{посл} = 0,28 \dots 0,29 \text{ м}$.

2. Уменьшение габаритных размеров и длины отражательной перегородки осадочной камеры дорешетной очистки позволяет сократить количество легковесных примесей осаждаемых в секцию фуража на 10...17% и снизить сопротивление пневмосистемы на 18,8...19,5%.

3. Уменьшение высоты пневмосистемы дает возможность установки дополнительных ярусов решет в решетные станы без увеличения высоты воздушно-решетных зерноочистительных машин, а уменьшение длины осадочных камер позволит использовать пневмосистему на машинах с расположением двух решет в длину яруса.

Библиографический список

1. Андреев В.Л. Повышение эффективности очистки семян зерновых культур в условиях евро-северо-восточного региона путём разработки и совершенствования технологий и воздушно-решетных машин : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.01 / В.Л. Андреев. – Киров, 2005. – 40 с.
2. Бурков А.И. Машина для пневмофракционной технологии обработки зернового вороха / А.И. Бурков, А.Л. Глушков, В.Е. Сайтов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – № 11. – С. 3-6.
3. Гарипов Н.Э. Полевая всхожесть семян сортов яровой пшеницы в зависимости от способов сортировки семян / Н.Э. Гарипов // Научное обеспечение устойчивого ведения сельскохозяйственного производства в условиях глобального изменения климата : матер. междунар. науч.-практ. конф. – Казань : Фолиант, 2010. – С. 85-88.
4. Гиевский А.М. Качественные показатели работы двухаспирационной пневмосистемы зерноочистительной машины с одним воздушным потоком / А.М. Гиевский, А.В. Чернышов, И.В. Баскаков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2015. – № 9. – С. 15-16.
5. Гиевский А.М. Пневмосистема зерноочистительной машины с одним воздушным потоком / А.М. Гиевский // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – № 4. – С. 2-4.
6. Еров Ю.В. Высококачественные семена, получаемые на пневмосортировальной машине СМВО – основа стабильного и высокого урожая зерна / Ю.В. Еров, Д.З. Салахиев, А.А. Железнов // Научное обеспечение устойчивого ведения сельскохозяйственного производства в условиях глобального изменения климата : матер. междунар. науч.-практ. конф. – Казань : Фолиант, 2010. – С. 479-482.
7. Жолобов Н.В. Пневмосепаратор зернового материала / Н.В. Жолобов, Б.Ю. Блинов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 4. – С. 13-16.
8. Коновалов А.В. Разработка и обоснование параметров пневмосепаратора для выделения семян из зерновой массы : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / А. В. Коновалов – Пенза, 2008. – 20 с.
9. Косилов Н.И. Семена по ранжиру в строй / Н.И. Косилов, А.В. Фоминых, В.Г. Чумаков // Сельский механизатор. – 2006. – № 2. – С. 18-19.
10. Оптимизация конструкции осадочной камеры зерноочистительной машины / Н.П. Сычугов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 8. – С. 38-41.
11. Оробинский В.И. Совершенствование технологии послеуборочной обработки семян фракционированием и технических средств для её реализации : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 05.20.01 / В.И. Оробинский. – Воронеж, 2007. – 39 с.
12. Оробинский В.И. Улучшение качества очистки зерна в зерноочистительной машине с диаметральной вентиляцией / В.И. Оробинский, А.И. Королёв // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2005. – № 10. – С. 159-164.

13. Повышение эффективности работы двухаспирационной пневмосистемы универсальной воздушно-решетной зерноочистительной машины / А.М. Гиевский, А.П. Тарасенко, В.И. Оробинский, А.В. Чернышов // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 5. – С. 32-34.
14. Саитов В.Е. Основные параметры конструкции малогабаритной осадочной камеры / В.Е. Саитов, Д.В. Григорьев // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 1. – С. 16-18.
15. Саитов В.Е. Совершенствование машины предварительной очистки зерна / В.Е. Саитов // Тракторы и сельхозмашины. – 2007. – № 4. – С. 17-20.
16. Саитов В.Е. Совершенствование технологического процесса воздушно-решетных зерно- и сепараторных машин (рекомендации) / В.Е. Саитов. – Киров : Вятская ГСХА, 2008. – 87 с.
17. Сычугов Ю.В. Новые технологии и технические средства послеуборочной обработки зерна / Ю.В. Сычугов // Тракторы и сельхозмашины. – 2004. – № 6. – С. 22-25.
18. Чумаков В. Г. Технологическая линия послеуборочной обработки зерна с делением на потоки / Г.А. Окунев, В.Г. Чумаков, А.С. Жанахов // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 9. – С. 18-22.
19. Bühler Schmidt-Seeger, GmbH [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. Schweiz: Uzwil. – Режим доступа: <http://www.buhlergroup.com/europe/ru/> (дата обращения 19.09.2016).
20. Cimbria Heid, GmbH [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. Дания: Thisted. – Режим доступа: <http://www.cimbria.com/en-GB/Home/Solutions/Seed-Processing.aspx> (дата обращения 19.09.2016).
21. Damas Member of the skold group [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. Denmark: Faaborg. – Режим доступа: <http://www.damas.com/ru/products> (дата обращения 19.09.2016).
22. Denis, GmbH [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. France: Brou. – Режим доступа: <http://www.denis.fr/nettoyage/gamme> (дата обращения 19.09.2016).
23. PETKUS Wutha Technologie, GmbH [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. Германия: Wutha-Farnroda. – Режим доступа: <http://russian.petkus.de/produkte/-/info/sortieren/reiniger> (дата обращения 19.09.2016).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Алексей Михайлович Гиевский – кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-78-61, E-mail: aleksej.gievskij@mail.ru.

Владимир Иванович Оробинский – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой сельскохозяйственных машин, декан агроинженерного факультета, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 224-39-39, E-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Алексей Викторович Чернышов – кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-78-61, E-mail: lexa-c@yandex.ru.

Иван Васильевич Баскаков – кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-78-61, E-mail: vasich2@yandex.ru.

Дмитрий Сергеевич Тарабрин, аспирант кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-78-61, E-mail: faeton912009@rambler.ru.

Дата поступления в редакцию 14.10.2016

Дата принятия к печати 27.11.2016

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Aleksey M. Giyevskiy – Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Agricultural Machinery, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-78-61, E-mail: aleksej.gievskij@mail.ru.

Vladimir I. Orobinsky – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Dept. of Agricultural Machinery, Dean of the Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 224-39-39, E-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Aleksey V. Chernyshov – Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Agricultural Machinery, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-78-61, E-mail: lexa-c@yandex.ru.

Ivan V. Baskakov – Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Agricultural Machinery, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-78-61, E-mail: vasich2@yandex.ru.

Dmitriy S. Tarabrin – Post-graduate Student, the Dept. of Agricultural Machinery, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-78-61, E-mail: faeton912009@rambler.ru.

Date of receipt 14.10.2016

Date of admittance 27.11.2016